

# Piano Integrato per la distribuzione del GNL

## Piano di gestione della distribuzione del GNL nella rete interna

Il seguente studio è stato sviluppato nell'ambito del Progetto SIGNAL - Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquido, co-finanziato dal Programma INTERREG Marittimo Italia-Francia 2014-2020.

Informazioni sul documento	
<b>Codice Componente</b>	<b>T3</b>
<b>Titolo Componente</b>	<b>Piano della rete distributiva e di trasporto del GNL nel territorio</b>
<b>Codice Output</b>	<b>T.3.1.1</b>
<b>Titolo Output</b>	<b>Piano di gestione della distribuzione del GNL nella rete interna</b>
<b>Soggetto responsabile dell'Attività</b>	<b>Assessorato dell'Industria Regione Sardegna - CIREM Univ. Di Cagliari -</b>
<b>Responsabile scientifico di UNICA-CIREM per conto dell'Assessorato dell'Industria</b>	<b>Prof. Paolo Fadda</b>
<b>Coordinatore dello studio di UNICA-CIREM per conto dell'Assessorato dell'Industria</b>	<b>Ing. Federico Sollai</b>
<b>Soggetto responsabile della stesura del documento</b>	<b>MLAB SRL</b>
<b>Versione</b>	<b>FINALE</b>
<b>Data</b>	<b>03/03/2021</b>

<b>Versione</b>	<b>Data</b>	<b>Estensore(i)</b>	<b>Descrizione modifiche</b>
FINALE	03/03/2021	MLAB SRL	Revisione dati

## Sommario

<b>Sommario</b> .....	<b>3</b>
<b>Indice delle Figure</b> .....	<b>6</b>
<b>Indice delle Tabelle</b> .....	<b>11</b>
<b>Introduzione</b> .....	<b>14</b>
<b>Il Progetto SIGNAL</b> .....	<b>15</b>
Partner del Progetto SIGNAL .....	17
Obiettivi del progetto SIGNAL .....	17
<b>1 La Regione PACA</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 Situazione attuale della distribuzione di GNL nella regione PACA</b> .....	<b>19</b>
1.1.1 Matrice O/D di GNL .....	26
1.1.3 Capacità attuale della rete di distribuzione nella regione PACA : rete « primaria » (terminale per gas metano) .....	29
1.1.4 Capacità attuale della rete di distribuzione nella regione PACA: rete «secondaria» (stazioni di servizio) .....	29
<b>1.2 Analisi di mercato del trasporto merci e di passeggeri nella regione PACA</b> .....	<b>31</b>
<b>1.3 Matrici O/D e analisi</b> .....	<b>33</b>
<b>1.4 Quantificazione del fabbisogno di GNL</b> .....	<b>36</b>
1.4.1 Combustibile stradale a GNL .....	36
1.4.2 Usi di carburante GN .....	38
1.4.3 Analisi del consumo di carburante dei trattori stradali nella regione PACA .....	39
1.4.4 Combustibile marittimo a GNL .....	41
1.4.5 Combustibile fluviale a GNL .....	43
1.4.6 Combustibile ferroviario a GNL .....	44
1.4.7 Usi domestici di GNL .....	46
1.4.8 Usi industriali GNL .....	47
1.4.9 Analisi comparativa di scenario alto e scenario basso .....	48
1.4.10 Sintesi delle stime .....	51
<b>1.5 Progetti di miglioramento della rete di trasporto e distribuzione del GNL: l'importanza di adeguarsi alla rapida evoluzione del mercato</b> .....	<b>55</b>
1.5.1 Rete primaria .....	55
1.5.2 Rete secondaria (stazioni di servizio GNL, approvvigionamento navi) .....	56
1.5.3 Previsione dei fabbisogni di carburante GNL .....	57
1.5.4 Approvvigionamento delle isole .....	59
1.5.5 Soluzioni mobili per la generazione di energia per le navi ormeggiate .....	59
<b>1.6 Distribuzione del GNL nella rada di Tolone</b> .....	<b>60</b>
1.6.1 La filiera del GNL dal terminale metanifero alla nave .....	62

1.6.2	Il bunkeraggio di combustibili marini nella rada di Tolone .....	63
1.6.3	Il bunkeraggio di GNL.....	67
1.6.4	Normativa portuale .....	69
1.6.5	Volumi previsti di GNL.....	70
1.6.6	Itinerari del GNL per la rada di Tolone .....	71
1.6.7	Considerazioni di sintesi sulle diverse tipologie di trasporto .....	87
1.6.8	I trasporti nella rada.....	87
1.6.9	Sviluppo dell’approvvigionamento del GNL .....	96
1.6.10	Sintesi e raccomandazioni .....	102
<b>2</b>	<b>La Corsica.....</b>	<b>104</b>
<b>2.1</b>	<b>Quantificazione del fabbisogno di GNL .....</b>	<b>104</b>
<b>2.2</b>	<b>Soluzione di approvvigionamento e probabilità di realizzazione .....</b>	<b>105</b>
<b>2.3</b>	<b>Modellizzazione per GNL come carburante per autoveicoli .....</b>	<b>106</b>
<b>2.4</b>	<b>Accessibilità e impatti da traffico .....</b>	<b>109</b>
<b>2.5</b>	<b>Il modello di traffico della Corsica.....</b>	<b>116</b>
2.5.1	Grafo di rete .....	116
<b>3</b>	<b>La Sardegna.....</b>	<b>125</b>
<b>3.1</b>	<b>Il sistema insediativo.....</b>	<b>125</b>
<b>3.2</b>	<b>L’assetto demografico .....</b>	<b>125</b>
<b>3.3</b>	<b>Il contesto trasportistico.....</b>	<b>128</b>
3.3.1	Connessione con l’esterno .....	129
3.3.2	Il sistema di trasporto marittimo .....	129
3.3.3	Il sistema di trasporto aereo .....	131
3.3.4	Connessioni Interne .....	132
<b>3.4</b>	<b>Analisi dell’accessibilità dell’area di studio .....</b>	<b>137</b>
3.4.1	Accessibilità ai principali aeroporti .....	137
3.4.2	Accessibilità ai principali porti.....	138
<b>3.5</b>	<b>Il porto di Cagliari .....</b>	<b>139</b>
3.5.1	Viabilità di accesso .....	142
<b>3.6</b>	<b>Il porto di Porto Torres.....</b>	<b>143</b>
3.6.1	Viabilità di accesso.....	146
<b>3.7</b>	<b>Il porto di Oristano.....</b>	<b>146</b>
3.7.1	Stime del traffico di distribuzione del GNL da parte delle aziende insediate a Oristano .....	149
<b>3.8</b>	<b>Prospettive del GNL in Sardegna.....</b>	<b>152</b>

<b>3.9</b>	<b>Consumi di energia della Sardegna.....</b>	<b>154</b>
3.9.1	Consumi finali di energia in Sardegna 2000 - 2019 .....	154
3.9.2	Settore dei trasporti .....	164
3.9.3	Settore agricoltura e pesca .....	167
<b>3.10</b>	<b>Vendite di prodotti petroliferi in Sardegna 2000 – 2019 .....</b>	<b>168</b>
<b>3.11</b>	<b>Consumi per le trasformazioni energetiche in Sardegna .....</b>	<b>175</b>
3.11.1	Consumi per la raffinazione e mercato regionale dei prodotti petroliferi .....	175
3.11.2	Consumi del settore termoelettrico .....	176
<b>3.12</b>	<b>Potenziali di penetrazione del metano in Sardegna.....</b>	<b>178</b>
3.12.1	Scenario di evoluzione dei consumi al 2030.....	179
3.12.2	Consumi di prodotti petroliferi nei settori target .....	182
3.12.3	Potenziali effettivi di penetrazione del gas naturale .....	183
3.12.4	Ruoli rete di trasporto e <i>downstream</i> del GNL.....	191
<b>3.13</b>	<b>Consumi e potenziali di penetrazione del metano nel trasporto stradale terrestre .....</b>	<b>193</b>
3.13.1	Analisi dei consumi di energia del trasporto stradale in Sardegna a livello territoriale.....	193
3.13.2	Analisi della struttura e distribuzione territoriale delle reti di distribuzione di combustibili petroliferi per il trasporto stradale in Sardegna .....	199
<b>3.14</b>	<b>Stima dei flussi di traffico leggero/pesante sulla rete stradale sarda.....</b>	<b>201</b>
3.14.1	Generalità.....	201
3.14.2	Aspetti metodologici.....	201
3.14.3	Zonizzazione di riferimento .....	204
3.14.4	Grafo stradale .....	207
3.14.5	Matrice O/D.....	209
3.14.6	Calibrazione del modello.....	212
3.14.7	Simulazione dello stato di fatto .....	215
<b>3.15</b>	<b>Stima <i>bottom-up</i> dei consumi di gasolio autotrazione sulla rete stradale sarda .....</b>	<b>222</b>
3.15.1	Analisi dati parco veicolare della Sardegna.....	222
3.15.2	Stima dei coefficienti unitari di consumo COPERT/CORINAIR;.....	226
3.15.3	Stima dei consumi di carburante per autotrazione .....	227
<b>3.16</b>	<b>Analisi del potenziale di penetrazione del GNL nel parco autocarri circolante .....</b>	<b>231</b>
3.16.1	Analisi del <i>turnover</i> del parco veicolare circolante .....	231
3.16.2	Stima del potenziale di penetrazione del GNL.....	234
<b>3.17</b>	<b>Ipotesi sulla rete distributiva .....</b>	<b>236</b>
3.17.1	Configurazione della rete distributiva GNL in territorio sardo .....	238
<b>3.18</b>	<b>La sicurezza .....</b>	<b>251</b>
3.18.1	Analisi dell'incidentalità sulla rete stradale sarda .....	253
3.18.2	Acquisizione dei dati di incidentalità .....	253
3.18.3	Codifica delle strade sul grafo.....	256
3.18.4	Calcolo del numero di veicoli coinvolti in incidenti all'anno .....	259
3.18.5	Calcolo della probabilità di sinistro per la Regione Sardegna .....	262

3.18.6	Calcolo dell'indicatore di danno potenziale.....	265
3.18.7	Persone presenti su altri veicoli in transito .....	265
3.18.8	Popolazione esposta all'intorno dell'asse stradale .....	266
3.18.9	Elementi relativi alla vulnerabilità ambientale .....	268
3.18.10	Calcolo dell'indicatore di danno potenziale e riepilogo dei risultati.....	270
<b>3.19</b>	<b>Identificazione dei percorsi a minor rischio .....</b>	<b>273</b>
3.19.1	Coefficiente di rischio complessivo .....	273
3.19.2	Minimizzazione del rischio ed itinerari stradali.....	275
3.19.3	Assegnazione alla rete: caso di una singola origine.....	276
3.19.4	Assegnazione alla rete: caso di più località di origine .....	283
3.19.5	Riflessioni conclusive.....	285
<b>3.20</b>	<b>La valutazione dei benefici ambientali (applicazione alla realtà della Sardegna) .....</b>	<b>286</b>
3.20.1	Consumi finali di energia.....	287
3.20.2	Fattori di Emissione .....	288
3.20.3	Calcolo delle Emissioni – Situazione Attuale .....	293
3.20.4	Calcolo delle Emissioni – Scenario “Base” ed “Alta Penetrazione” .....	295
3.20.5	Risultati Analisi Ambientale – Settori Residenziale, Terziario, Industriale e Trasporto Marino.....	300
3.20.6	Risultati Analisi Ambientale – Settore Termoelettrico.....	302
3.20.7	Risultati Analisi Ambientale – Settore Trasporto Terrestre.....	304
3.20.8	EU Emission Trading System .....	307
3.20.9	Conclusioni.....	310
<b>4</b>	<b>Porti del Mar Ligure .....</b>	<b>311</b>
<b>4.1</b>	<b>Vado Ligure e Genova.....</b>	<b>311</b>
4.1.1	Progetto GNL FACILE .....	313
<b>4.2</b>	<b>La Spezia .....</b>	<b>318</b>

## Indice delle Figure

Figura 1: modello teorico di distribuzione di GNL .....	19
Figura 2 - mappa della rete di distribuzione del GNL nel 2019 .....	20
Figura 3 - evoluzione del numero di autocisterne di GNL caricate annualmente dal 2014 al 2019 (fonte Elengy) .....	21
Figura 4 - Flussi totali di GNL nella regione PACA (servizi locali e di transito). Fonte See'Up, Elengy, gaz-mobilite.fr.....	23
Figura 5 - Asse Est .....	24
Figura 6 - Asse Ovest (sn) e Asse Nord (dx) .....	24
Figura 7 - I flussi della regione PACA verso altre regioni francesi; fonte: See'Up, Elengy .....	25
Figura 8 - <i>Flussi della regione PACA verso altri paesi; fonti : See'Up, Elengy</i> .....	25
Figura 9 - Stazione V-Gas di Mat de Ricca (Port-Saint-Louis) .....	30
Figura 10 - Stazione V-Gas di Saint-Martin de Crau .....	30
Figura 11 - Stazione Engie di Aix-en-Provence .....	30
Figura 12 - Stima dei flussi di merci (tonn./giorno) all'interno delle province, all'interno della regione e di scambio.....	34
Figura 13 - attività di trasporto su strada nella regione PACA (ORT - ADEME 2018) .....	37
Figura 14 -- mappa schematica delle piattaforme logistiche nella regione PACA.....	38

Figura 15 – Stazione mobile di GNL realizzata da HAM .....	38
Figura 16 - Quota di GNL nel consumo di carburante dei trattori stradali nella regione PACA (Fonte : See'Up) .....	40
Figura 17 - Tavola dei parametri di energia e soluzioni per il carburante marittimo .....	41
Figura 18 - previsione della miscela di carburante marino fino al 2050 (DNG VL 2019) .....	42
Figura 19 - la rete fluviale della Provenza-Alpi-Costa Azzurra .....	44
Figura 20 - mappa del traffico di treni Diesel sulla rete ferroviaria (fonte: rete SNCF) .....	46
Figura 21 - La stazione di Molveno.....	46
Figura 22 - carta della rete GrDF nella regione PACA (zone in viola) .....	47
Figura 23 - volumi stimati negli scenari pessimistici e ottimistici (Kt/a) .....	50
Figura 24 - Logistica e trasporto territoriali 2001-2010 (fonte : <a href="http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr">http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr</a> ) .....	52
Figura 25 - Quadro di riferimento per il trasporto e la distribuzione di GNL nella regione PACA: potenziale di sviluppo di GNL nel settore marittimo e portuale .....	54
Figura 26 - Quadro di riferimento per il trasporto e la distribuzione di GNL nella regione PACA: potenziale di sviluppo nell'industria del GNL onshore: carburante, clienti industriali, clienti privati .....	55
Figura 27 - La soluzione mobile di Air Flow (sn) - <i>Chiatta multifunzione Sofresid (dx)</i> .....	60
Figura 28 - Mappa delle infrastrutture GNL (2018) estratta dalla mappa di Gas Infrastructure Europe .....	61
Figura 29 - Riepilogo delle possibili catene di bunkeraggio .....	62
Figura 30 - Distribuzione dei bunkeraggi in tonnellate nel 2019.....	66
Figura 31 - Distribuzione geografica dei bunkeraggi nel 2019 .....	67
Figura 32 - Schema delle norme europee per un'infrastruttura GNL .....	68
Figura 33 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via terra .....	71
Figura 34 - Autobotte e rimorchio per GNL .....	71
Figura 35 - Camion e container ISO per GNL .....	72
Figura 36 - Itinerario stradale da Fos Cavaou/Fos Tonkin alla rada di Tolone.....	73
Figura 37 - Itinerario stradale nella rada di Tolone .....	73
Figura 38 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via mare .....	74
Figura 39 - Esempi di nave bunker offshore .....	74
Figura 40 - Itinerario via mare dal Golfo di Fos/Panigaglia alla rada di Tolone .....	75
Figura 41 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via ferrovia .....	76
Figura 42 - Esempio di trasporto di GNL su ferrovia: carro cisterna per GNL o container ISO .....	76
Figura 43 - Collegamento ferroviario da Fos Cavaou/Fos Tonkin alla rada di Tolone.....	77
Figura 44 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via gasdotto .....	78
Figura 45 - Rete di distribuzione del gas.....	79
Figura 46 - Unità di liquefazione .....	80
Figura 47 - Stoccaggio intermedio a terra di piccola taglia .....	81
Figura 48 - Impianto di bunkeraggio con serbatoio di stoccaggio fisso (porto di Hirtshals, in Danimarca, per Fjord Line) .....	83
Figura 49 - Serbatoi di tipo B: prismatico, sferico e a membrana .....	84
Figura 50 - Stoccaggio galleggiante di piccola taglia, esempio di progetto preliminare di una bettolina bunker .....	85
Figura 51 - Foto della nave bunker ENGIE Zeebrugge .....	85
Figura 52 - Unità galleggiante ancorata - FSU.....	86
Figura 53 - Schema del trasporto su gomma nella rada.....	88
Figura 54 - Bunkeraggio a mezzo autobotte nel 2019 .....	89
Figura 55 - Rifornamento a GNL di una nave di linea, maggio 2016 .....	89
Figura 56 - Evoluzione dei sistemi di bunkeraggio in modalità TTS.....	90

Figura 57 - Panoramica della consegna di GNL a bordo del traghetto Honfleur .....	91
Figura 58 - Schema del trasporto via mare nella rada .....	93
Figura 59 - Bunkeraggio a mezzo nave nel 2019 .....	94
Figura 60 - Bettolina di trasferimento dotata di serbatoio di tipo C .....	95
Figura 61 - Bettolina London LNG .....	95
Figura 62 - Previsioni sull'uso del GNL come combustibile nel settore marittimo .....	97
Figura 63 - Numero totale e tipo di navi alimentate a GNL .....	98
Figura 64 - Evoluzione annuale della domanda di GNL in 10 anni .....	100
Figura 65 - Esempio di bettolina per la fornitura di energia elettrica alle navi attraccate .....	101
Figura 66 - Mappa indicante le tratte utilizzabili per i rifornimenti di GNL .....	110
Figura 67 - Mappa indicante le stazioni di servizio proposte per il rifornimento in GNL con indicazione dei tempi di percorrenza e della distanza dal porto di Lisula .....	111
Figura 68 - Carta geografica dei nodi della rete.....	119
Figura 69 - Grafo di rete (tutta la Corsica).....	120
Figura 70 - Mappa di localizzazione geografica dei nodi della rete dell'agglomerato di Aiaccio .....	121
Figura 71 - Grafo di rete dell'agglomerato di Aiaccio .....	122
Figura 72 - Mappa geografica dei nodi della rete del grande agglomerato di Bastia.....	123
Figura 73 - Grafo di rete dell'agglomerato di Bastia .....	124
Figura 74 - La Regione Sardegna .....	125
Figura 75 - Distribuzione della popolazione nelle province delle Sardegna_2018 (ISTAT). .....	127
Figura 76 - Cartografia dell'assetto insediativo della Sardegna .....	128
Figura 77 - Struttura Nodo- Regione-Città (fonte: Cirem – Piano Regionale dei Trasporti .....	129
Figura 78 - Il sistema portuale della Sardegna .....	130
Figura 79 - Mappa dei principali aeroporti della Sardegna (Fonte: Sardegna Mobilità) .....	132
Figura 80 - Rete stradale della Sardegna .....	136
Figura 81 - Isocrone di 15' dai porti della Sardegna (da sinistra, Porto Torres, Oristano, Cagliari) .....	138
Figura 82 - Ortofoto del porto vecchio (Cagliari) .....	140
Figura 83 - Viabilità d'accesso al Porto di Cagliari .....	143
Figura 84 - Ortofoto del Porto Canale (sn) e del polo petrolchimico (dx) .....	143
Figura 85 - Ortofoto del porto commerciale di Porto Torres .....	144
Figura 86 - Ortofoto del porto industriale di Porto Torres.....	145
Figura 87 - Mappa della viabilità d'accesso al porto di Porto Torres .....	146
Figura 88 - Ortofoto del porto di Oristano-Santa Giusta .....	147
Figura 89 - Itinerario deposito GNL di Edison S.p.A. - SS131.....	150
Figura 90 - Itinerario deposito GNL di HIGAS s.r.l. - SS131.....	151
Figura 91 - Itinerario deposito GNL di IVI Petrolifera - SS131 .....	152
Figura 92 - consumi finali di energia in Sardegna per fonte, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	155
Figura 93 - consumi finali di energia in Sardegna (2019) per fonte (%). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	155
Figura 94 - consumi finali di energia in Sardegna per settore, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	156
Figura 95: consumi finali di energia per settore, 2019 (%). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	156



Figura 96 - consumi finali di energia elettrica per settore, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna .....	157
Figura 97 - consumi finali di energia nel settore residenziale, 2000-2019 (ktep). Fonte: Enea e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	158
Figura 98 - consumi finali di energia nel settore terziario, 2000-2019 (ktep). Fonte: Enea e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse .....	160
Figura 99: consumi di energia elettrica nei comparti del settore terziario, 2000-2018 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna .....	161
Figura 100 - consumi finali di energia nel settore industriale, 2000-2019 (ktep). Fonte: Enea e stime REF-E su dati Terna, Enea, Mse, e Regione Sardegna .....	162
Figura 101 - consumi di energia elettrica nei comparti del settore industriale, 2000-2018 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna .....	163
Figura 102 - consumi finali di prodotti petroliferi nell'industria, 2019 (ktep e %). Fonte: elaborazione e stime REF-E su dati MSE, Terna, Enea, GSE e RSE .....	163
Figura 103 - consumi finali di energia nel settore dei trasporti, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	164
Figura 104 - Consumi finali di energia nel settore dei trasporti, 2019 (%) .....	165
Figura 105 - consumi di energia nei trasporti per modalità, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse, Regione Sardegna e Meta .....	166
Figura 106 - Consumi finali di energia nel settore trasporti per modalità, 2019 (%) .....	167
Figura 107 - Consumi finali di energia in agricoltura e pesca, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, Mse, Enea, e Regione Sardegna .....	167
Figura 108 - Vendite di prodotti petroliferi, 2000-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE .....	168
Figura 109 - Vendite di prodotti petroliferi, 2019 (t e %) .....	169
Figura 110 - Vendite di gasolio, 2000-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE .....	169
Figura 111 - Vendite di gasolio, 2019 (%). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE .....	170
Figura 112 - Vendite di GPL, 2000-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE .....	170
Figura 113 - Vendite di GPL, 2019 (t e %). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE .....	171
Figura 114 - Vendite di GPL per modalità, 2019 (%) .....	171
Figura 115 - Vendite di GPL per modalità, 2014-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE .....	172
Figura 116 - Volumi di gas diversi dal gas naturale distribuiti da reti isolate, 2005-2019 (Mm3) .....	172
Figura 117 - Utenze di gas diversi dal gas naturale servite da reti isolate, 2005-2019 (n). Fonte: elaborazione REF-E su dati ARERA .....	173
Figura 118 - Sviluppo reti di distribuzione di gas diversi dal gas naturale, 2005-2019 (km). Fonte: elaborazione REF-E su dati ARERA .....	174
Figura 119 - Operatori e comuni serviti da reti di distribuzione di gas diversi dal gas naturale, 2005-2019 (n). Fonte: elaborazione REF-E su dati ARERA .....	174
Figura 120 - Attività di raffinazione, 2000-2019 (kt). Fonte: elaborazioni REF-E su dati UP, Regione Sardegna e Saras .....	175
Figura 121 - Saldo import-export regionale di elettricità, 2000-2018 (GWh). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna .....	176
Figura 122 - Mix della generazione elettrica, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna .....	177
Figura 123 - Composizione del mix produttivo, 2018 (GWh). Fonte: elaborazioni REF-E su dati Terna .....	178
Figura 124 - Consumi di energia, settori target e potenziali di penetrazione per il GN (Fonte: elaborazione REF-E) .....	179

Figura 125 - Consumi FINALI di energia 2000-2019 e previsioni e scenari 2020-2030. Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, Mse, Enea, Gse e Regione Sardegna .....	181
Figura 126 - Consumi finali di prodotti petroliferi nei settori target della metanizzazione, 2019 (ktep) .....	183
Figura 127. Sardegna: scenari REF-E di penetrazione del gas naturale al 2030 (ktep) .....	190
Figura 128. Sardegna: rete e <i>downstream</i> GNL nello scenario base di penetrazione del gas naturale al 2030 (ktep) .....	192
Figura 129. Sardegna: rete e <i>downstream</i> GNL nello scenario di alta penetrazione del gas naturale al 2030 (ktep) .....	193
Figura 130 - Sardegna: vendita di carburanti per autotrazione, 1980-2019 (valori assoluti).....	194
Figura 131 - Sardegna: distribuzione mensile della vendita di carburanti per autotrazione, 2019.....	195
Figura 132 - Sardegna: dettaglio provinciale delle vendite di carburanti per autotrazione, 2019.....	196
Figura 133 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Cagliari, 2000-2019 (ktep) .....	196
Figura 134 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Sassari, 2000-2019 (ktep) .....	197
Figura 135 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Nuoro, 2000-2019 (ktep) .....	197
Figura 136 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Oristano, 2000-2019 (ktep) .....	197
Figura 137 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Cagliari, 2019 (ktep e %).....	198
Figura 138 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Sassari, 2019 (ktep e %) .....	198
Figura 139 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Nuoro, 2019 (ktep e %) .....	199
Figura 140 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Oristano, 2019 (ktep e %).....	199
Figura 141 - Sardegna: totale dei distributori per provincia, Settembre 2020 (numero) .....	200
Figura 142 - Sardegna: distributori per provincia e per tipo di carburante erogato, Settembre 2020 (numero) .....	200
Figura 143 - Schema logico delle simulazioni di traffico .....	203
Figura 144 - Diretrrici esterne .....	205
Figura 145 - Zonizzazione interna .....	206
Figura 146 - Modello di traffico nazionale i-TraM: grafo stradale Regione Sardegna .....	208
Figura 147 - Spostamenti pesanti attratti per zona .....	211
Figura 148 - Localizzazione delle postazioni di rilievo .....	213
Figura 149 - Calibrazione del modello regionale – totale flussi .....	214
Figura 150 - Calibrazione del modello regionale –flussi pesanti .....	215
Figura 151 - Flussi veicolari complessivi – stato di fatto .....	217
Figura 152 - Flussi veicolari pesanti – stato di fatto .....	218
Figura 153 - Riepilogo delle percorrenze complessive.....	219
Figura 154 - Distribuzione delle percorrenze dei veicoli leggeri .....	220
Figura 155 - Distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti .....	221
Figura 156 - Parco autovetture regionale, 2019, <i>Fonte: elaborazione META</i> .....	222
Figura 157 - Parco veicoli commerciali regionale, 2019. <i>Fonte: elaborazione META su dati ACI</i> .....	224
Figura 158 - Parco veicoli commerciali regionale, 2019.....	227
Figura 159 - Confronto consumi simulati e vendite di carburante, Novembre 2019. Fonte: elaborazione META ....	228
Figura 160 - Distribuzione dei consumi di carburante per classe stradale. <i>Fonte: elaborazione META</i> .....	228
Figura 161 - Sardegna: tassi di ricambio del parco autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: elaborazione META su dati ACI.....	233
Figura 162 - Porti di sbarco del GNL .....	239
Figura 163 - Punti-rete destinati ad utenze fisse .....	242
Figura 164 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario teorico .....	245
Figura 165 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – soluzione pratica .....	247
Figura 166 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario pratico modificato.....	249

Figura 167 - Localizzazione degli incidenti su base comunale (2014-2018) .....	255
Figura 168 - Distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti .....	257
Figura 169 - Stima della probabilità di incidente .....	264
Figura 170 - Identificazione della popolazione esposta .....	267
Figura 171 - Identificazione della vulnerabilità ambientale .....	269
Figura 172 - Mappa del danno potenziale associato agli archi stradali .....	272
Figura 173 - Mappa del coefficiente di rischio associato al transito di un'autocisterna criogenica .....	274
Figura 174 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Oristano .....	278
Figura 175 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio Porto Torres .....	279
Figura 176 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Olbia .....	280
Figura 177 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal Porto Vesme .....	281
Figura 178 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Cagliari .....	282
Figura 179 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio assoluto .....	284
Figura 180 - Totale emissioni annue (in tonnellate) suddivise per i diversi scenari e i diversi inquinanti: NOx e SOx (a), CO, PM2.5 e PM10 (b) .....	300
Figura 181 - Emissioni di CO2 per i tre scenari analizzati .....	301
Figura 182 - Totale emissioni annue (in tonnellate) suddivise per i diversi scenari e i diversi inquinanti: NOx e SOx (sopra), CO, PM2.5 e PM10 (sotto) – SETTORE TERMOELETTRICO .....	302
Figura 183 - Emissioni di CO2 per i tre scenari analizzati - SETTORE TERMOELETTRICO .....	303
Figura 184 - Serie storica del valore giornaliero dei titoli ETS in Euro – Fonte: ember-climate.org .....	309
Figura 185 - Localizzazione delle ipotesi - Vado Ligure .....	311
Figura 186 - Localizzazione delle ipotesi - Genova .....	312
Figura 187 - Localizzazione area interporto Prevarco (ex Italsider) .....	314
Figura 188 - Localizzazione sopraelevata Portuale .....	315
Figura 189 - Localizzazione portuale distributore Prà .....	315
Figura 190 - Localizzazione ponte Parodi .....	317
Figura 191 - Localizzazione molo sottoflutti Voltri .....	317
Figura 192 - Principali infrastrutture viarie di collegamento del porto commerciale di La Spezia .....	318
Figura 193 - Principali infrastrutture viarie di collegamento del Terminal di Panigaglia .....	319
Figura 194 - Schema alternativo di distribuzione del GNL .....	320

## Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Capacità distribuzione siti di stoccaggio (2019, 250 gg operativi/anno) .....	29
Tabella 2 Traffico merci su strada espresso in veicoli/chilometri al giorno .....	33
Tabella 3 - Spostamenti individuali (veh*km/giorno) .....	33
Tabella 4 - Traffico merci su strada espresso in veicoli al giorno .....	34
Tabella 5 - Distanze e tempi di percorrenza in auto tra i capoluoghi di provincia .....	35
Tabella 6 - Traffico fluviale in tonnellate (carico + scarico) .....	36
Tabella 7 - Classificazione semplificata dei mezzi pesanti .....	39
Tabella 8 - proiezione ipotetica di uno scenario pessimistico su 10 anni .....	48
Tabella 9 - proiezione ipotetica di uno scenario ottimistico su 10 anni .....	50
Tabella 10 - volumi di scenari pessimistici e ottimistici fino al 2030 .....	50
Tabella 11 - Capacità e tasso di utilizzo dei terminali nella regione PACA .....	61
Tabella 12 -Indicazione del volume di bunkeraggio GNL tipico per categoria di nave .....	63

Tabella 13 - Quantità rifornite tramite autobotti per le navi da ricerca IFREMER .....	64
Tabella 14 - Bunkeraggi effettuati per i traghetti nel 2019 (provenienza FOS) .....	65
Tabella 15 - Dati tecnici delle principali navi bunker .....	74
Tabella 16 - Dimensioni tipiche dei serbatoi sferici a pressione .....	81
Tabella 17 - Quota di GNL nel consumo globale di combustibili marini.....	97
Tabella 18 - Ipotesi per la stima del consumo di GNL/anno del parco veicoli leggeri e pesanti .....	107
Tabella 19 - Ipotesi per la stima del numero di rifornimenti alle stazioni di servizio GNL all'anno .....	107
Tabella 20 - tempi e distanze percorse per il rifornimento alle 25 stazioni proposte .....	115
Tabella 21 – Dati considerati e relative fonti.....	118
Tabella 22 - Densità di popolazione nelle province della Sardegna .....	126
Tabella 23 - Popolazione anni 2016-2017-2018 per provincia (ISTAT) .....	126
Tabella 24 - Dotazione infrastrutturale stradale per la Regione Sardegna (valori assoluti) – CNIT 2015-2016 .....	134
Tabella 25 - Dotazione infrastrutturale stradale per la Regione Sardegna (indicatori) - CNIT 2015-2016.....	135
Tabella 26 - Estensione delle strade statali e provinciali della Sardegna .....	136
Tabella 27 - Caratteristiche del Porto di Cagliari .....	141
Tabella 28 - Caratteristiche infrastrutturali del porto di Porto Torres .....	144
Tabella 29 - Caratteristiche infrastrutturali del porto di Oristano .....	148
Tabella 30 - stock di impianti di riscaldamento nelle abitazioni, 2001-2015 (n° famiglie).....	159
Tabella 31 - Sardegna: consumi finali di energia per riscaldamento (riscaldamento, ACS, cucina) – dati non normalizzati per effetto temperature, 2001-2015 (ktep). Fonte: elaborazioni REF-E.....	159
Tabella 32 - Matrice OD per componente veicolare .....	210
Tabella 33 - Volumi e percorrenze .....	220
Tabella 34 - Riepilogo volumi e percorrenze dello stato di fatto .....	221
Tabella 35 - Parco autovetture regionale, 2019, Fonte: elaborazione META su dati ACI.....	223
Tabella 36 - Riepilogo volumi e percorrenze dello stato di fatto. Fonte: elaborazione META su dati ACI .....	225
Tabella 37 - Consumi per carburante (benzina e diesel) e tipologia di veicolo (leggeri, pesanti, totale) .....	229
Tabella 38 - Coefficienti di espansione dei consumi (mese > anno).....	230
Tabella 39 - Confronto consumi simulati e vendite di carburante, 2019. Fonte: elaborazione META .....	231
Tabella 40 - Confronto consumi simulati e vendite di carburante, 2019. Fonte: elaborazione META .....	231
Tabella 41 - Sardegna: consistenza del parco autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: ACI .....	232
Tabella 42 - Sardegna: prime iscrizioni di autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: ACI.....	232
Tabella 43 - Sardegna: tassi di ricambio del parco autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: elaborazione META su dati ACI.....	233
Tabella 44 - Sardegna: stima incidenza percentuale veicoli alimentati a GNL, 2025-2030. Fonte: elaborazione META su dati ACI.....	234
Tabella 45 - Sardegna: stima consumi di GNL da traffico commerciale pesante, 2030 .....	235
Tabella 46 - Localizzazione dei punti di origine per stato di avanzamento della procedura autorizzativaLa localizzazione di queste località di origine è rappresentata nella Figura 163. ....	238
Tabella 47 - Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia .....	241
Tabella 48 - Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia .....	241
Tabella 49 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario teorico ....	244
Tabella 50 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – soluzione pratica ...	246
Tabella 51 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario pratico modificato .....	248
Tabella 52 - Punti rete e Domanda annua di GNL – scenario base.....	250

<b>Tabella 53 - Percorrenze per strada statale.....</b>	<b>258</b>
<b>Tabella 54 - Concentrazione dei flussi sulla rete delle strade statali .....</b>	<b>259</b>
<b>Tabella 55 - Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – tutti i sinistri .....</b>	<b>260</b>
<b>Tabella 56 - Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – sinistri con veicoli pesanti.....</b>	<b>261</b>
<b>Tabella 57 - Esposizione al rischio incidentale per strada.....</b>	<b>270</b>
<b>Tabella 58 - Percorrenze per strada statale.....</b>	<b>276</b>
<b>Tabella 59 - Consumi Energetici Finali per l'anno 2019 .....</b>	<b>288</b>
<b>Tabella 60 - Fattori di emissione impiegati, suddivisi per settore ed inquinante .....</b>	<b>292</b>
<b>Tabella 61 - Potere Calorifico Inferiore per ogni combustibile analizzato.....</b>	<b>293</b>
<b>Tabella 62 - Esempio di calcolo di emissioni annue totali, settore residenziale e terziario .....</b>	<b>294</b>
<b>Tabella 63 - Totale emissioni Regione Sardegna per l'anno 2019 .....</b>	<b>295</b>
<b>Tabella 64 - Emissioni annue totali, settore termoelettrico .....</b>	<b>295</b>
<b>Tabella 65 - Consumi energetici finali proiettati al 2030 secondo gli scenari ipotizzati .....</b>	<b>297</b>
<b>Tabella 66 - Esempio di calcolo di emissioni annue totali, settore Residenziale, scenari BASE e ALTA PENETRAZIONE .....</b>	<b>299</b>
<b>Tabella 67 - Variazioni percentuali emissioni totali annue .....</b>	<b>301</b>
<b>Tabella 68: Variazioni percentuali emissioni totali annue - SETTORE TERMOELETTTRICO.....</b>	<b>303</b>

## Introduzione

Il presente report descrive il Piano di Distribuzione del GNL nelle regioni del partenariato e gli impatti sulla rete di trasporto modellizzati attraverso un modello di traffico.

Per ognuna delle aree di studio analizzate, il Piano ha affrontato il tema della domanda di GNL nel territorio, attuale e prevista, dell'offerta di trasporto attuale e prevista, dei flussi di trasporto attuali e previsti. La stima dei fabbisogni di domanda GNL ha indagato sul consumo dei combustibili per il trasporto (stradali, marittimi, fluviali e ferroviari) e quelli per i diversi settori (residenziale, industriale e del terziario) con orizzonte al 2030. L'offerta di trasporto ha fatto riferimento sia alle reti di gasdotti, sia a quelle stradali per il trasporto su gomma, sia a quelle ferroviarie per il trasporto su ferro. Per l'analisi dei flussi su gomma e i relativi impatti sulla mobilità, sono stati analizzati i diversi itinerari di collegamento tra i terminal di stoccaggio e le utenze potenziali anche attraverso l'ausilio di modelli di traffico in grado di rappresentare l'offerta e la domanda di trasporto. La stima della domanda e dell'offerta per l'autotrasporto ha consentito di individuare anche il fabbisogno e la localizzazione delle stazioni di servizio per il rifornimento del GNL. Con riferimento al settore marittimo, il Piano ha individuato gli itinerari per il rifornimento delle navi in rada nelle modalità disponibili via terra (autobotti o treni) e via mare (navi bunker e bettoline).

Il Piano ha anche riguardato le implicazioni in termini di sicurezza dell'autotrasporto e l'identificazione degli itinerari a minor rischio.

Di seguito sono elencati i temi trattati nel Piano per ciascun ambito di studio:

1. Domanda di energia nell'area di studio per i settori del trasporto terrestre, marittimo e fluviale, e per le utenze domestiche, industriali e del terziario;
2. Capacità della rete di distribuzione
3. Sistema di accessibilità territoriale
4. Itinerari stradali, ferroviari e di distribuzione in rada
5. Prospettive e stime dei fabbisogni energetici nel futuro
6. Stime dei flussi di traffico
7. Analisi della sicurezza nel trasporto
8. Valutazione dei benefici ambientali

Per quanto riguarda gli aspetti di natura sovraregionale, normative e convenzioni internazionali, strategie e le politiche europee, domanda di combustibile e caratteristiche tecnologiche ed infrastrutturali del GNL per lo stoccaggio e il trasporto si fa riferimento alle Linee Guida redatte nell'ambito del progetto SIGNAL.

## Il Progetto SIGNAL<sup>1</sup>

Il progetto SIGNAL, che beneficia di un finanziamento FESR pari a € 1.613.654,63, è parte integrante di un Cluster di 4 progetti GNL (tutti cofinanziati dal programma INTERREG Italia-Francia Marittimo) focalizzato sul miglioramento della sostenibilità delle attività portuali e finalizzato alla realizzazione di uno spazio marittimo interregionale comune del Mediterraneo Settentrionale, che si imponga come riferimento per la navigazione pulita nel futuro.

I progetti del Cluster sono i seguenti

- GNL FACILE,
- PROMO-GNL
- TDI RETE-GNL
- SIGNAL

I principali obiettivi dei progetti appartenenti al Cluster, unitamente alle loro possibili sovrapposizioni con il progetto SIGNAL, sono riassunti di seguito.

- **GNL FACILE - GNL Fonte ACcessibile Integrata per la Logistica Efficiente:** il progetto ha come obiettivo la riduzione dell'utilizzo dei combustibili più inquinanti e della dipendenza del petrolio nei porti commerciali. Come indicato nella Direttiva 2014/94/EU (Direttiva DAFI), ogni porto marittimo deve avere un punto di rifornimento di GNL, a mare o a terra, fisso o mobile. Il progetto GNL-Facile intende assistere i porti dell'area di cooperazione nello svolgimento delle seguenti attività:
  - definizione delle priorità e verifica delle soluzioni di piccola scala per il rifornimento di GNL;
  - creazione di due infrastrutture mobili dedicate al rifornimento di GNL dei mezzi marittimi o terrestri nei porti;
  - realizzazione di 8 azioni pilota nei porti di progetto (Livorno, Genova, Piombino, Bastia, Cagliari, Savona, La Spezia e Tolone) con le stazioni mobili di rifornimento al fine di testare l'immediata applicabilità del rifornimento GNL;
  - dimostrazione agli operatori non solo portuali, del funzionamento delle tecnologie nel campo dei combustibili alternativi.

---

<sup>1</sup> Il progetto SIGNAL, della durata di 30 mesi, è finanziato a valere sul II Avviso Interreg Marittimo ITA-FRA 1420 nell'Asse prioritario 3 - Miglioramento della connessione dei territori e della sostenibilità delle attività portuali e all'interno dell'obiettivo specifico 7C2 - Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.

- PROMO-GNL – Studio e azioni congiunte per la promozione dell’uso del GNL nei porti commerciali:** il progetto PROMO-GNL raccoglie la sfida di promuovere ed accelerare l'adozione del GNL nelle operazioni portuali e marittime. L'obiettivo è quello di realizzare una cornice coordinata di studi di fattibilità congiunti che favoriscano scelte per la promozione degli impieghi ottimali del GNL come combustibile meno inquinante nei porti di commercio della zona di cooperazione. Il partenariato è rappresentativo degli attori chiave pubblici della zona di cooperazione con l'appoggio della ricerca universitaria ed industriale. Inoltre, il progetto si coordina con tutti gli altri progetti GNL della stessa componente Italia-Francia Marittimo. Gli studi di fattibilità previsti si focalizzano sugli elementi in comune e sulle specificità territoriali. Le azioni di promozione rivolte agli attori chiave si basano su un quadro congiunto di opzioni ottimali.
- TDI RETE-GNL - Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera:** il progetto si pone l'obiettivo di individuare soluzioni tecnologico-produttive per la distribuzione e il bunkering di GNL nei porti dell'area transfrontaliera basate su standard e procedure operative condivise. Il progetto identifica la possibile localizzazione degli impianti e dei depositi della rete di distribuzione primaria, verificandone le potenziali esternalità e la sostenibilità economico-finanziaria. La recente diffusione del gas naturale liquefatto (GNL) nei porti richiede, infatti, l'implementazione di un sistema infrastrutturale che privilegi logiche di corridoio e la costituzione di una rete di distribuzione affidabile, sicura e integrata. La realizzazione di tale infrastruttura implica decisioni strategiche circa la localizzazione degli impianti per il bunkering, lo stoccaggio e l’approvvigionamento del GNL in relazione al loro dimensionamento secondo logiche sistemiche.
- SIGNAL - Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquido (GNL) -** La strategicità del progetto discende dalla sua valenza interregionale, dal posizionamento dello spazio transfrontaliero IT-FR marittimo nel Nord Mediterraneo e dalle ricadute connesse allo sviluppo di competenze integrate per lo sviluppo di un sistema infrastrutturale comune. L’approccio transfrontaliero è imposto dalla densità di servizi marittimi con origine/destinazione nell’area di progetto e dalla necessità di disporre di impianti con caratteristiche tecnologiche omogenee. Gli output del progetto consistono nella predisposizione di report per la definizione e la diffusione di standard tecnologici e procedure comuni per il bunkering di GNL e di un piano d’azione integrato a beneficio dei porti. Mentre i porti dell’Area di Programma relativa al progetto TDI RETE-GNL risultano essere appartenenti sostanzialmente a reti core, quelli ricompresi nel progetto SIGNAL appartengono sia a reti core che comprehensive e, inoltre, riscontrano consistenti differenze dal punto di vista delle aree merceologiche, distinguendo i terminal cargo multipurpose, general



cargo container, terminal rinfuse solide, terminal rinfuse liquide, cantieristica, terminal passeggeri, marine e “altro”. All'interno di quest'ultima categoria rientrano attività disomogenee sotto il profilo della natura/consumi energetici, ad esempio attività di logistica, magazzinaggio, ecc.

## Partner del Progetto SIGNAL

SIGNAL coinvolge un partenariato coerente con le esigenze di progetto e con la strategia d'intervento e offre una copertura geografica completa dei territori dell'Area di Cooperazione.

I partner coinvolti sono:

- Regione Autonoma della Sardegna Assessorato dell'Industria, Settore Energia ed Economia Verde, Italia (P1, capofila di progetto).
- Centralabs, Italia (P2).
- Office des Transports de la Corse, Francia (P3).
- Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, Italia (P4).
- Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale du Var, Francia (P5).
- Università degli studi di Genova, Italia (P6).
- Regione Liguria, Italia (P7).

## Obiettivi del progetto SIGNAL

Il progetto INTERREG Italia-Francia Marittimo “Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas NATurale Liquido” (acronimo **SIGNAL**) è finalizzato a definire un sistema integrato di distribuzione del GNL nei cinque territori partner coinvolti (Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica e Regione PACA<sup>2</sup>), attualmente accomunati da un'inadeguatezza in relazione alla disponibilità di risorse di GNL nei porti e nei siti di stoccaggio e desiderosi di trasformare l'opportunità offerta dal GNL in valore aggiunto, con

---

<sup>2</sup> La regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra (PACA) è una delle 18 regioni amministrative della Francia, nell'estremo sud-est continentale, il cui capoluogo è Marsiglia. Conta una popolazione di circa 5 milioni di persone ed è la terza più importante in Francia a livello economico

l'obiettivo ultimo di ridurre le emissioni inquinanti prodotte dal settore dei trasporti nell'ambito territoriale considerato dal progetto.

Attraverso le politiche di valorizzazione e maggior utilizzo del GNL nelle aree marittimo-portuali, il progetto si pone l'obiettivo di contribuire alla riduzione delle emissioni di CO2 e quindi al miglioramento della sostenibilità delle attività portuali e commerciali.

In sintesi, il progetto promuove:

- a) lo sviluppo di modelli transfrontalieri per l'ottimizzazione della rete marittima;
- b) la realizzazione di piani per la localizzazione delle aree di stoccaggio e di distribuzione del Gas Naturale Liquido (GNL) all'interno dei porti;
- c) l'adozione di strategie transfrontaliere per l'utilizzo e la valorizzazione del GNL all'interno dei porti di Liguria, Sardegna, Toscana, Corsica e PACA.

L'impiego del Gas Naturale Liquido, finalizzato al miglioramento della sostenibilità delle attività portuali e alla riduzione delle emissioni di CO2, da una parte richiede la realizzazione di un sistema di infrastrutture che si basi su una rete affidabile e sicura, dall'altra comporta l'adozione di decisioni strategiche sulla localizzazione dei siti di stoccaggio e di fornitura del GNL.

Attraverso le tre Componenti Attuative (T), il progetto SIGNAL:

1. definisce un Piano Integrato per la gestione dell'approvvigionamento del GNL via mare, a partire dall'analisi della normativa e delle attuali domanda e offerta di GNL (T1 "Piano della rete di approvvigionamento");
2. definisce un Piano di Localizzazione dei siti di stoccaggio del GNL nei porti commerciali dell'area di cooperazione, a partire dall'analisi delle buone prassi esistenti e dall'analisi dei contesti territoriali (T2 "Piano di localizzazione dei siti di stoccaggio del GNL nei porti commerciali");
3. definisce un Piano di Gestione della distribuzione del GNL tra Liguria, Sardegna, Toscana, Corsica e PACA, a partire dall'analisi dei costi e dei benefici dell'assetto di rete previsto.

## 1 La Regione PACA

Per definire gli scenari per la regione PACA, è necessario considerare, da un lato, le fonti di approvvigionamento di GNL per la regione e, dall'altro, i possibili utilizzi del GNL e il loro rispettivo potenziale di sviluppo. Il diagramma seguente descrive questi diversi componenti della catena GNL.

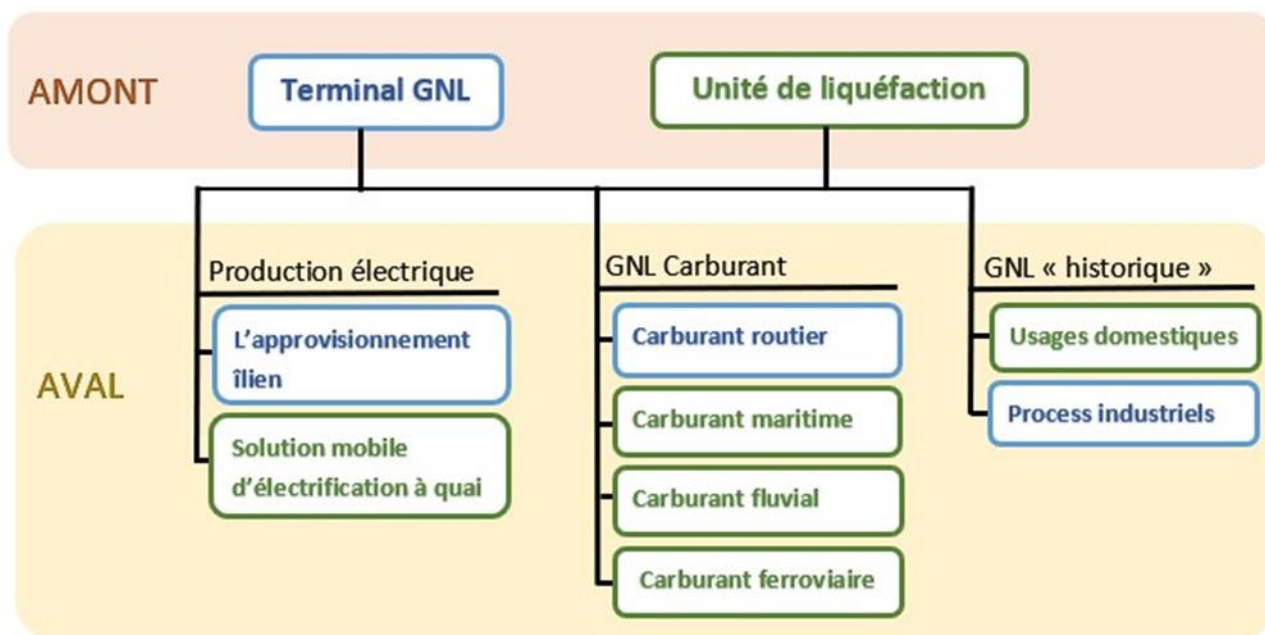


Figura 1: modello teorico di distribuzione di GNL

Attraverso l'analisi di ciascuno di questi componenti, è possibile definire due scenari basso/alto per la rete di distribuzione nei prossimi dieci anni. Ognuno di essi, per ragioni diverse, possiede incertezze previsionali valutate, nel presente rapporto, in termini di volume. Queste previsioni sono descritte nel tentativo di definire il modo in cui la rete di distribuzione si svilupperà nella regione PACA.

### 1.1 Situazione attuale della distribuzione di GNL nella regione PACA

La maggior parte del GNL che arriva nella regione PACA transita attraverso i terminali GNL di Fos sur Mer: Fos Tonkin e Fos Cavaou. Il GNL viene trasportato da metaniere di grande capacità (circa 150.000 metri cubi di GNL per carico) in provenienza da impianti di liquefazione del gas naturale di altri paesi.

Una volta scaricato, viene conservato nei serbatoi del terminale. La maggior parte viene poi rigassificato e iniettato nel sistema nazionale di trasporto del gas naturale (larga scala) mentre una piccola parte dei rimane allo stato liquido e viene consumata localmente (piccola scala):

- da clienti industriali o siti di consumo di gas naturale non collegati alla rete del gas naturale
- da stazioni di servizio Gas Naturale per Veicoli,
- da navi alimentate a GNL.

Attualmente, il GNL su piccola scala viene trasportato dal terminale ai punti di consumo esclusivamente tramite autocisterne. Nel 2019, degli 82,2 TWh di gas naturale in arrivo nei terminali di Fos, l'utilizzo su piccola scala rappresentava 1,8 TWh (l'equivalente di 6359 serbatoi), ovvero l'equivalente di poco meno di 2 carichi standard.

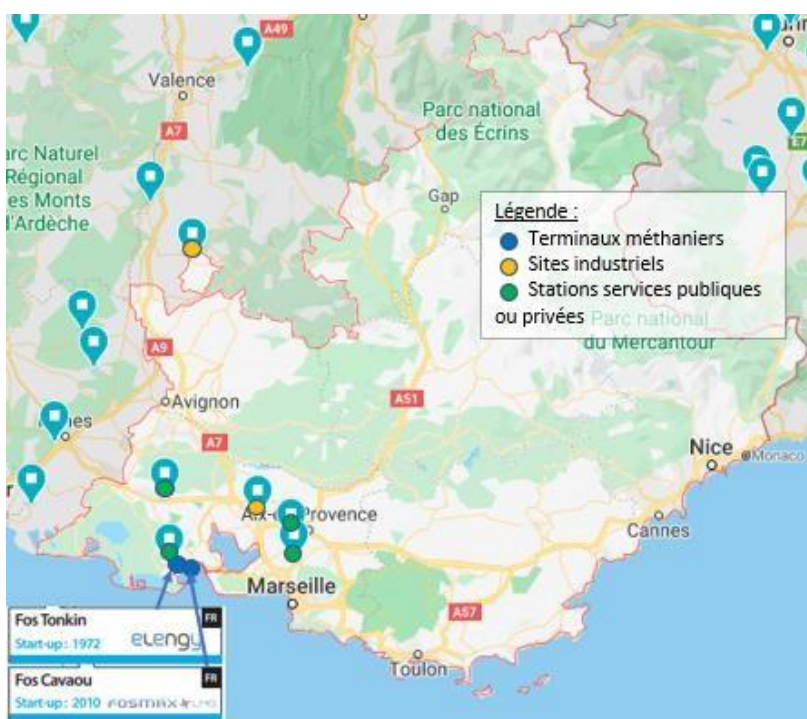


Figura 2 - mappa della rete di distribuzione del GNL nel 2019

Le prospettive di approvvigionamento dei due terminali di GNL sono molto buone in quanto:

- Il GNL è una risorsa abbondante a livello mondiale;
- i due terminali sono ben posizionati per ricevere un rifornimento permanente ad un prezzo competitivo nel corso degli anni (addirittura decenni) a venire. Godono di una posizione favorevole, in quanto sono situati vicino alle principali fonti di produzione di GNL (Algeria, Nigeria) e sono i primi terminali, dopo il Canale di Suez, ad essere collegati ai mercati del gas liquido e di acque profonde dell'Europa occidentale, il che ne rafforza ulteriormente l'attrattiva.
- I volumi attuali in entrata supereranno di gran lunga le esigenze degli usi Small-Scale.

- previsioni di crescita del commercio di biometano liquefatto che è perfettamente interscambiabile con il GNL a base fossile

In breve, non c'è il rischio di una carenza di GNL a monte della catena, i flussi continueranno ad arrivare a Fos, che rimarrà naturalmente il punto di approvvigionamento di GNL per la regione PACA per i decenni a venire).

Dall'emergere di esigenze su piccola scala e dall'attivazione del servizio di carico delle autocisterne a Fos Tonkin nel 2014, la domanda su piccola scala, a Fos, non ha smesso di crescere :

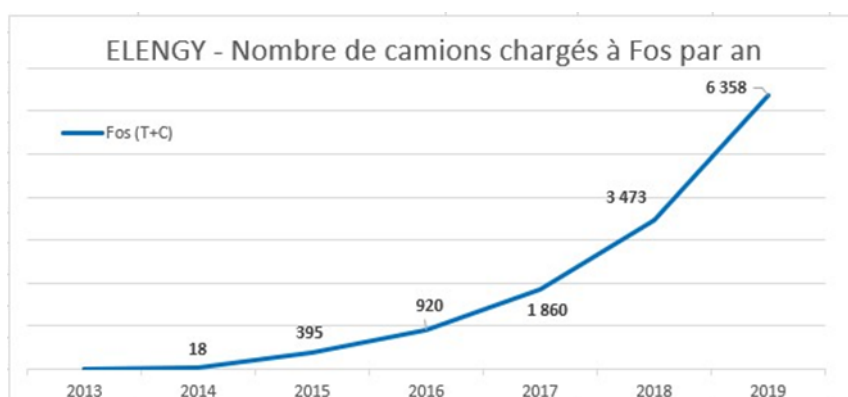


Figura 3 - evoluzione del numero di autocisterne di GNL caricate annualmente dal 2014 al 2019 (fonte Elengy)

I terminali di Fos si adattano costantemente per soddisfare la crescita e le mutevoli esigenze, come dimostrano i successivi aumenti di capacità delle stazioni di carico a Fos Tonkin come anche, nel 2019, l'installazione di 2 baie di carico cisterne a Fos Cavaou.

Oltre al carico di GNL con autocisterne, il carico di GNL con navi metaniere o chiatte è destinato a svilupparsi, per il bunkeraggio o l'approvvigionamento di isole. Il servizio è ora disponibile su entrambi i terminali. Inoltre, l'aumento dei volumi e lo sviluppo di depositi satellite di stoccaggio giustifica, in un prossimo futuro, un trasporto massiccio di GNL su rotaia: ELENGY sta sviluppando un progetto per caricare il GNL su treno direttamente dal sito di Fos Tonkin.

Infine, si prevede che in futuro l'approvvigionamento di GNL presso i terminali di Fos diventerà più verde, sia attraverso la produzione locale di biometano liquefatto o di metano sintetico che attraverso l'importazione da siti produttivi più remoti:

Per quanto riguarda la produzione locale, il progetto pilota Jupiter 1000 è un primo passo in questa direzione. Questo progetto, sviluppato da GRTgaz e situato nelle immediate vicinanze del terminale di Fos Tonkin, mira a convertire l'H2 verde e la CO2 prodotta nell'area del porto industriale di Fos in metano di sintesi: per il momento, questo metano è

previsto per essere iniettato nella rete di trasporto (allo stato gassoso), ma potrebbe essere liquefatto e poi distribuito attraverso le baie di carico delle autocisterne del terminale.

Un'altra soluzione è l'importazione su larga scala di biometano liquefatto o e-GNL prodotto, ad esempio, in aree ad alto potenziale. Il GNL verrebbe quindi trasformato da una fonte di energia di transizione in una fonte di energia di destinazione, senza alcun impatto sugli usi finali, poiché il biometano liquefatto è perfettamente interscambiabile con il GNL a base fossile.

Il totale dei flussi di trasporto e distribuzione di GNL nella regione PACA ammontavano nel 2019 a 120.000 t (Figura 4). Essi sono raddoppiati tra il 2018 (60 kt) e il 2019 (120 kt).

Questo tonnellaggio corrisponde al volume totale dei flussi di GNL nella regione PACA per il servizio locale e il transito in uscita dai terminali GNL di Fos Tonkin e Fos Cavaou. Esso non include:

- i flussi marittimi per la ricarica o il trasbordo di GNL nei terminali di Fos Tonkin e Fos Cavaou: questi flussi sono legati al territorio della Regione PACA solo per l'ubicazione dei terminali ma, al di là di questo, non rappresentano una posta in gioco particolare per il territorio.
- i flussi di trasporto di GNL via autocisterna che non hanno origine nei terminali di Fos e che transitano nella Regione PACA: questi flussi hanno origine principalmente in Spagna e sono destinati all'Italia. Sono relativamente ridotti, pari a 3000 t<sup>3</sup>.
- i flussi di distribuzione dalle stazioni di rifornimento di GNL: contabilizzare questi flussi equivarrebbe a un doppio conteggio con i flussi di rifornimento dalle stazioni di servizio.

---

<sup>3</sup> 2017, stima di See'Up basata sui dati del <http://oec.world>

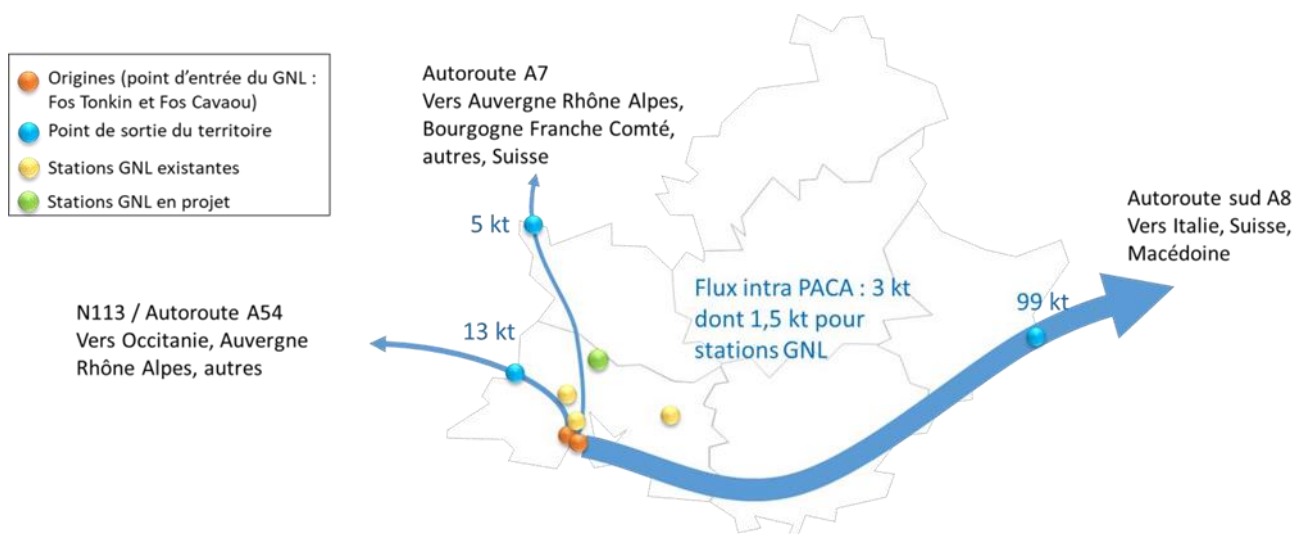


Figura 4 - Flussi totali di GNL nella regione PACA (servizi locali e di transito). Fonte See'Up, Elengy, gaz-mobilite.fr

Dalla lettura della mappa si possono evidenziare i seguenti elementi:

- i punti di origine dei flussi di trasporto e di distribuzione per la regione PACA si trovano nella regione stessa (ad eccezione dei pochi flussi in transito dalla Spagna che non sono indicati sulla mappa). Sono concentrati su due terminali situati nel porto di Marsiglia-Fos: Fos Tonkin e Fos Cavaou. Non ci sono flussi verso la regione PACA che abbiano origine al di fuori della regione.
- i punti di destinazione nella regione PACA sono di due tipi: o Stazioni di rifornimento di GNL: attualmente esistono 3 stazioni di rifornimento, situate nei comuni di Port-Saint-Louis-du-Rhône, Saint-Martin-de-Crau e Aix-en-Provence), 1 ulteriore stazione di rifornimento è attualmente in progettazione (nel comune di Plan d'Orgon). Altri utenti (industriali, agricoltori, ed in particolare stazioni private): i punti di distribuzione non sono rappresentati sulla mappa per esigenze di riservatezza.
- i flussi aventi per origine e destinazione la regione PACA sono relativamente modesti. Nel 2019 ammontano a 3.000 tonnellate, pari al 2,5% dei flussi totali considerati, principalmente verso le stazioni di servizio (50% dei volumi).
- la maggior parte dei flussi corrisponde a quelli in uscita dalla Regione PACA (provenienti dai terminali di Fos). L'80% è destinato in Italia (99.000 t) la restante parte verso altre regioni francesi (15%), Svizzera, Macedonia, Spagna.
- i flussi transitano principalmente attraverso le principali autostrade, con 3 principali punti di uscita dal territorio:
- Ventimiglia / Autostrada A8 al confine tra Francia e Italia: per i flussi verso l'Italia, la Macedonia e parte della Svizzera (Figura 5).

- Arles / N113 - Autostrada A54 a ovest della regione PACA : per i flussi verso l'Occitania, in particolare verso le regioni dell'Auvergne-Rhône-Alpes (Figura 6)
- Bollène / Autostrada A7 a nord della regione PACA per quanto riguarda i flussi verso le regioni Auvergne-Rhône-Alpes e in particolare verso la Borgogna-Franca Contea (Figura 6).




-  Point d'entrée / sortie du territoire
-  Limite de région PACA
-  Itinéraire routier



Figura 5 - Asse Est

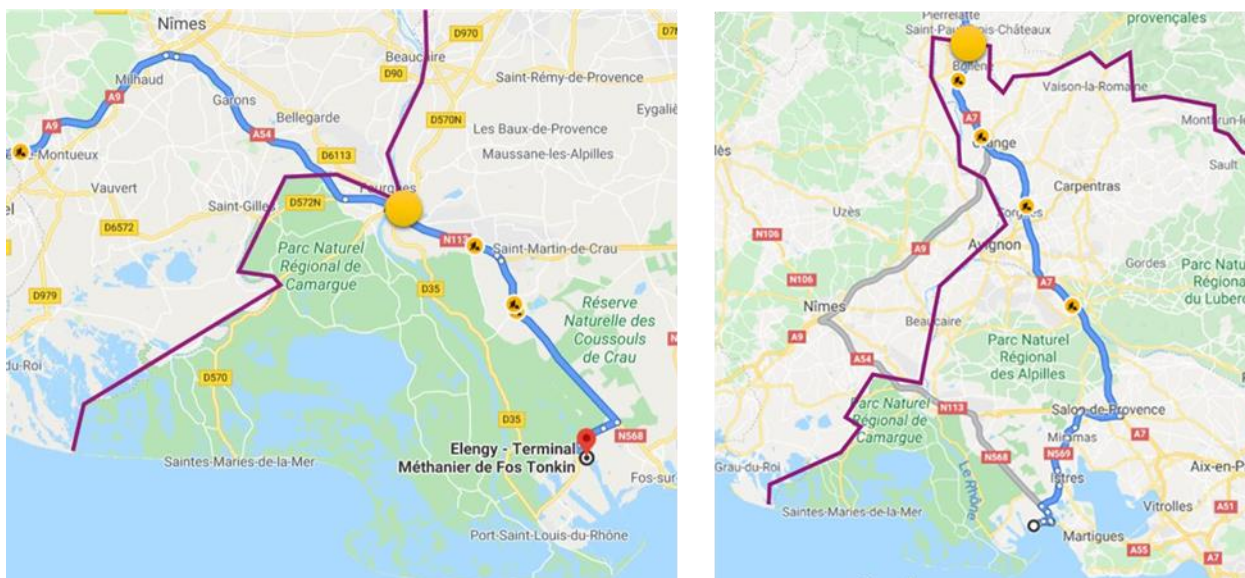


Figura 6 - Asse Ovest (sn) e Asse Nord (dx)

I flussi interregionali ammontano a circa 20.000 (2019) e sono aumentati del 50% tra il 2018 e il 2019. Le principali destinazioni sono le regioni Occitania e Auvergne Rhône Alpes (Figura 7).



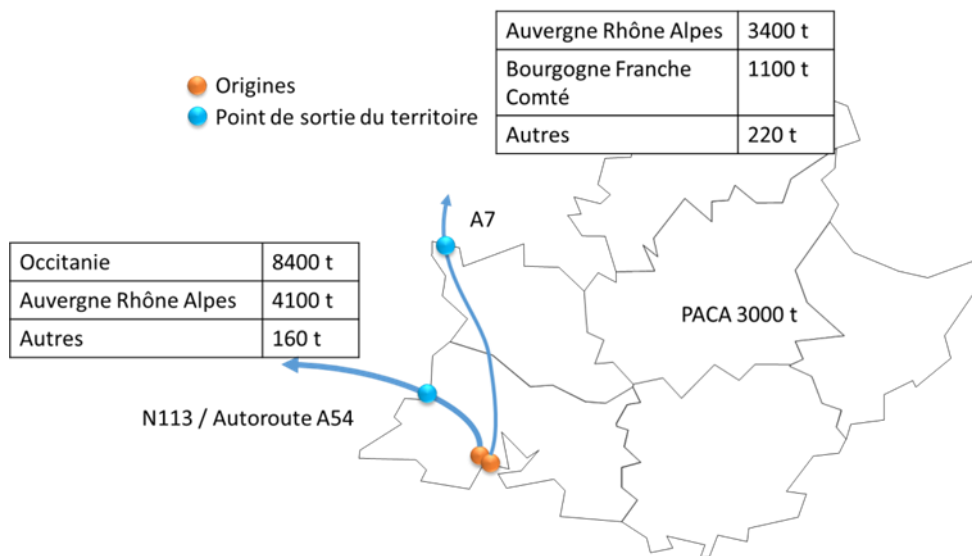


Figura 7 - I flussi della regione PACA verso altre regioni francesi; fonte: See'Up, Elengy

I flussi internazionali rappresentano 99.000 tonnellate nel 2019 e sono aumentati del 110% tra il 2018 e il 2019. L'Italia ne è la destinazione principale.



Figura 8 - Flussi della regione PACA verso altri paesi; fonti : See'Up, Elengy

### 1.1.1 Matrice O/D di GNL

Origine	Paese di destinazione	Regione di destinazione	Me- todo di trasporto	Distanza media (km)	Volume (tonnellate)	Asse di trasporto utilizzato punto di uscita dal territorio	Velocità media km/h (esclusi i prescritti periodi di riposo)	Numero di cis- terne/anno	Frequenza media/mese	Capacità tecnica carico / scarico cisterna (m3/h)	Capacità reale carico cisterna al terminale (m3/h)	Capacità reale di scarico cisterna al punto di consegna (m3/h)	Capacità tecnica di distribu- zione del carburante GNL (m3/h)	Capacità reale di distribu- zione del carburante GNL (m3/h)	Consumo autocarro standard (in L di gasolio) per viaggio (A/R)	Consumo autocarro (in L di gasolio) anno	Costo medio di trasporto (in €) per viaggio (A/R)	Costo medio di tra- sporto (in k€) anno	Emissioni CO2 (in t) anno	Quota di consegne alle stazioni di servizio	Risparmio di CO2 Combustibile GNL rispetto al gasolio (in t/anno)
Fos-surMer	Francia	Alvernia Rodano Alpi	Strada	340	4080	Ovest - A154	60	215	18	80	34	43	9	4,5	218	46784	1020	219	124	40%	636
Fos-surMer	Francia	Alvernia Rodano Alpi	Strada	340	3380	Nord - A7	60	178	15	80	34	43	9	4,5	218	38733	1020	182	103	40%	527
Fos-surMer	Francia	Borgogna Francia Contea	Strada	440	1165	Nord - A7	70	61	5	80	34	43	9	4,5	282	17178	1320	81	45	55%	244
Fos-surMer	Francia	Bretagna	Strada	1170	44	Ovest - A154	75	2	0,2	80	34	43	9	4,5	749	1498	3510	7	4	0%	0
Fos-surMer	Francia	Centro della Valle della Loira	Strada	720	56	Nord - A7	70	3	0,3	80	34	43	9	4,5	461	1382	2160	6	4	0%	0
Fos-surMer	Francia	Hauts-deFrance	Strada	930	40	Nord - A7	70	2	0,2	80	34	43	9	4,5	595	1190	2790	6	3	100%	14
Fos-surMer	Francia	Ile-de-France	Strada	740	20	Nord - A7	70	1	0,1	80	34	43	9	4,5	474	474	2220	2	1	100%	7
Fos-surMer	Francia	Nuova Aquitania	Strada	730	64	Ovest - A154	70	3	0,3	80	34	43	9	4,5	467	1402	2190	7	4	0%	0
Fos-surMer	Francia	Occitania	Strada	230	8479	Ovest - A154	55	446	37	80	34	43	9	4,5	147	65651	690	308	174	4%	136
Fos-surMer	Francia	ProvenzaAlpi-Costa Azzurra	Strada	60	3052	Local	45	161	13	80	34	43	9	4,5	38	6182	180	29	16	50%	633
Fos-surMer	Italia	Abruzzo	Strada	1010	2200	Est - A8	65	116	10	80	34	43	9	4,5	646	74982	3030	351	198	65%	472
Fos-surMer	Italia	Campania	Strada	1120	3722	Est - A8	65	196	16	80	34	43	9	4,5	717	140493	3360	659	372	65%	775
Fos-surMer	Italia	Emilia Romagna	Strada	700	21264	Est - A8	65	1119	93	80	34	43	9	4,5	448	501312	2100	2350	1327	65%	4946
Fos-surMer	Italia	Lazio	Strada	920	6630	Est - A8	60	349	29	80	34	43	9	4,5	589	205491	2760	963	544	65%	1457
Fos-surMer	Italia	Lombardia	Strada	540	9068	Est - A8	60	477	40	80	34	43	9	4,5	346	164851	1620	773	436	65%	2193
Fos-surMer	Italia	Marche	Strada	920	7935	Est - A8	70	418	35	80	34	43	9	4,5	589	246118	2760	1154	651	65%	1744
Fos-surMer	Italia	Piemonte	Strada	400	12341	Est - A8	50	650	54	80	34	43	9	4,5	256	166400	1200	780	440	65%	3085
Fos-surMer	Italia	Toscana	Strada	660	4604	Est - A8	60	242	20	80	34	43	9	4,5	422	102221	1980	479	271	65%	1082
Fos-surMer	Italia	Trentino Alto Adige	Strada	750	4465	Est - A8	65	235	20	80	34	43	9	4,5	480	112800	2250	529	299	65%	1026
Fos-surMer	Italia	Umbria	Strada	800	4288	Est - A8	55	226	19	80	34	43	9	4,5	512	115712	2400	542	306	65%	972
Fos-surMer	Italia	Veneto	Strada	800	21089	Est - A8	65	1110	93	80	34	43	9	4,5	512	568320	2400	2664	1504	65%	4783
Fos-surMer	Slovenia	Slovenia	Strada	1000	750	Est - A8	65	39	3	80	34	43	9	4,5	640	24960	3000	117	66	65%	162
Fos-surMer	Svizzera	Ticino	Strada	670	360	Est - A8	60	19	1,6	80	34	43	9	4,5	429	8147	2010	38	22	65%	84
Fos-surMer	Macedonia	Macedonia	Strada	1980	200	Est - A8	65	11	0,9	80	34	43	9	4,5	1267	13939	5940	65	37	65%	31

Dati	Ipotesi / Commenti	Fonti
Origine	Fos Tonkin e Fos Cavaou non sono stati analizzati separatamente, essendo i due terminali geograficamente vicini, in modo da non appesantire la banca dati	Elengy <sup>4</sup>
Destinazione – Paese	Dati reali (dichiarazione dei trasportatori su strada)	Elengy
Destinazione - Regione <sup>5</sup>	Dati reali (dichiarazione dei trasportatori su strada)	Elengy
Metodo di trasporto	Ad oggi, nella regione PACA, per il trasporto di GNL, viene utilizzata esclusivamente la strada	Elengy
Distanza media (km) (sola andata)	Distanza più rilevante tra la distanza dal capoluogo di regione e la distanza media dai punti di destinazione specifici individuati	Elengy, analisi See'Up
Volume (tonnellate)	Volumi reali (dati del terminale di GNL)	Elengy
Asse di trasporto utilizzato / punto di uscita dal territorio	Asse principale utilizzato per il trasporto delle merci tra Fos e il punto di uscita identificato del territorio	See'Up
Velocità media (esclusi i prescritti periodi di riposo) (km/h)	Velocità media per un determinato veicolo leggero (fonte: google maps), a cui è stato applicato un fattore di 1,5 per ottenere la velocità media di un camion	See'Up
Numero di cisterne / anno	Calcolato sulla base di un carico medio di 21 t per serbatoio	Elengy, analisi See'Up
Frequenza mensile	Numero annuale di serbatoi tra il terminale di GNL e la regione di destinazione	Analisi See'Up
Capacità tecnica di carico / scarico cisterna (m3/h)	Flusso consentito dalle strutture	Elengy
Capacità reale di carico cisterna al terminale (m3/h)	Flusso reale rilevato ai terminali (inclusi i tempi di attesa e i tempi di ingresso/uscita)	Elengy
Capacità reale di scarico cisterna al punto di consegna (m3/h)	Flusso effettivo stimato al punto di consegna (inclusi i tempi di attesa e i tempi di ingresso/uscita)	Previsione See'Up (nessun vincolo sul cantiere industriale-portuario, pertanto tempi più rapidi rispetto a quelli del terminale di GNL)
Capacità tecnica di distribuzione del carburante GNL (m3/h)	Flusso consentito dalle strutture	Incontro See'Up

<sup>4</sup> I dati forniti da Elengy sono del 2019

<sup>5</sup> Il livello di dettaglio per le destinazioni dei flussi di GNL nella regione PACA è a scala regionale. Non abbiamo scelto una rete più precisa onde rispettare l'anonimato dei clienti (in particolare per i flussi verso operatori privati diversi dalle stazioni di servizio).

Dati	Ipotesi / Commenti	Fonti
Capacità reale di distribuzione del carburante GNL (m3/h)	Flusso effettivo stimato nel punto di distribuzione	Previsione / incontro See'Up in base al tempo medio trascorso alla pompa
Consumo autocarro standard (in L di gasolio) per viaggio (A/R)	Consumo medio di una cisterna 32 l/100km (caricata + vuota)	Comitato Nazionale Autostrade, sondaggio TRM 2018
Consumo automezzo pesante (in L di gasolio) / anno	Consumo per viaggio A/R x numero di cisterne / anno	See'Up
Costo medio del trasporto (in €) per viaggio A/R	Costo medio del trasporto di merci in cisterne (opinione del trasportatore su strada) : 1,5 €/km <sup>6</sup> .	Comitato Nazionale Autostrade (calcolatore dei costi)
	Si tratta di un costo medio: per le lunghe distanze, il costo è più alto (ore notturne, costo di un secondo autista o costo di una notte in albergo); per le brevi distanze, il costo è più basso. Nota: dal punto di vista del cliente, questo costo è più vicino a 3€/km perché il trasportatore vende al cliente un biglietto di sola andata, ma sostiene il costo di un viaggio di andata e ritorno.	
Costo medio del trasporto (in k€) / anno	Costo medio del trasporto andata e ritorno x numero di autocisterne / anno	See'Up
Emissioni di CO2 (in kg) / anno	Emissione di un veicolo con semirimorchio cisterna: 2,647 kg per litro di gasolio consumato	Futura-sciences.com (sulla base della reazione chimica della combustione del diesel)
Quota delle stazioni di servizio	Quota delle stazioni di servizio sul totale dei volumi di consegna di GNL nella regione interessata per ogni tipologia di cliente (industriale, in particolare agricolo)	Elengy, analisi See'Up
Risparmio di CO2 combustibile GNL rispetto al gasolio (in t)	Risparmio di CO2 combustibile GNL rispetto al gasolio (in t) Riduzione di CO2 generata dall'utilizzo di GNL distribuito dalle stazioni approvvigionate dai terminali di Fos; rispetto ad una situazione teorica in cui gli automezzi adibiti a GNL sono sostituiti da automezzi diesel . Ipotesi di calcolo: sulla base del consumo medio di autocarri a gasolio e di automezzi a GNL, 1 t di GNL equivale a 0,9 t di gasolio. Ipotesi di emissioni di CO2 da GNL: -15% calcolato « dal pozzo alla ruota ».	Gaz-mobilite.fr Analisi See'Up

<sup>6</sup> Il costo medio settoriale nel 2018 è di 1.264 euro/km. Il costo del trasporto in autocisterna è infatti mediamente più alto del costo medio del settore, ma varia al ribasso per le distanze più lunghe e al rialzo per le distanze più brevi. Questi

### 1.1.3 Capacità attuale della rete di distribuzione nella regione PACA : rete « primaria » (terminale per gas metano)

La rete di distribuzione ha un alto livello di capacità disponibile rispetto agli attuali livelli di utilizzazione.

	<b>Fos Tonkin</b>	<b>Fos Cavaou</b>	<b>Totale</b>
<b>Capacità</b>	36 slot al giorno su 2 baie di carico, ovvero 190.000 t/anno*	40 slot al giorno su 2 baie di carico, ovvero 210 000 t/anno*	<b>400 000 t</b>
<b>Tonnellaggio (2019)</b>	111 000 tonnellate	8 000 tonnellate	<b>119 000 t</b>
<b>Utilizzo (2019)</b>	60%	4%	<b>30%</b>

Tabella 1 – Capacità distribuzione siti di stoccaggio (2019, 250 gg operativi/anno)

Inoltre, il terminale di Cavaou presenta una capacità di ampliamento fino a 5 baie di carico (rispetto ai 2 attuali), ovvero una capacità di carico potenziale del terminale di 525.000 t/anno, cio' vorrebbe dire un aumento della capacità di distribuzione annuale sul territorio (2 terminali) a 715.000 tonnellate.

### 1.1.4 Capacità attuale della rete di distribuzione nella regione PACA: rete «secondaria» (stazioni di servizio)

Ad oggi, sul territorio sono in funzione 3 stazioni di servizio GNL con capacità di serbatoio da 21t in grado di rifornire 50 camion al giorno (400 kg per ogni serbatoio pieno di carburante, ovvero, 12.500 autocarri all'anno (5000 t/anno)

Gli indici di utilizzo attuali delle stazioni nella regione PACA si aggirano intorno al 10%, con picchi di utilizzo fno al 50% nei periodi di punta.

Nelle figure seguenti sono riportati i punti di distribuzione (stazioni di servizio) e le reti di trasporto utilizzate per il rifornimento.



Figura 9 - Stazione V-Gas di Mat de Ricca (Port-Saint-Louis)

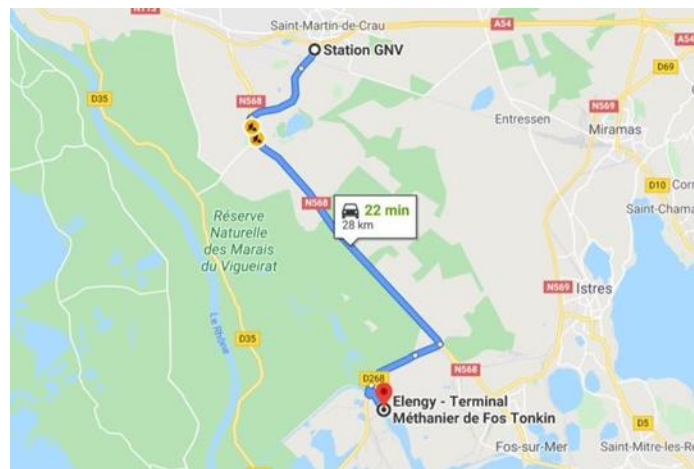


Figura 10 - Stazione V-Gas di Saint-Martin de Crau

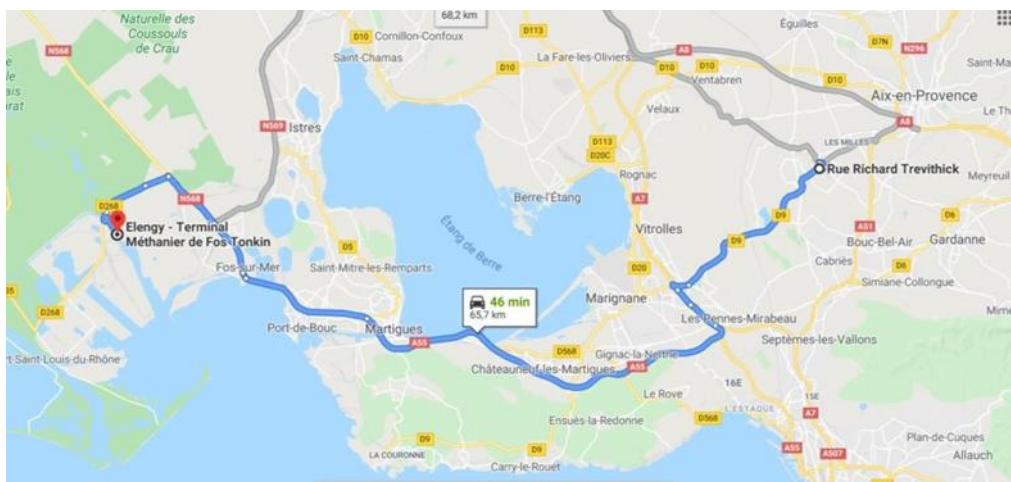


Figura 11 - Stazione Engie di Aix-en-Provence

## 1.2 Analisi di mercato del trasporto merci e di passeggeri nella regione PACA

Per la ricostruzione del fenomeno della domanda di trasporto passeggeri e merci nella regione è stata stimata una matrice origine/destinazione dei viaggi sulla base di:

- dati statistici disponibili: numero di viaggi individuali / tonnellate di merce in carico + scarico
- leggi di ripartizione e distribuzione dei flussi basate sul peso della popolazione, dei posti di lavoro e della reciproca distanza.
- indagini e rilievi di traffico

Le fonti dei dati utilizzati sono:

- **Per i dati sulla popolazione e sull'occupazione:** dati del censimento INSEE 2017, popolazione legale al 1° gennaio 2020
- **Per i dati sui flussi stradali di passeggeri:** dati ricavati da sondaggi sugli spostamenti (Indagine regionale sui viaggi del territorio di Marsiglia / Bouches-du-Rhône 2009, Indagine sugli spostamenti sul territorio di Nizza 2009, Indagine sulla mobilità certificata Cerema Gap 2018, Indagine sugli spostamenti dei nuclei familiari di Tolone 2008, Indagine sugli spostamenti nelle città di medie dimensioni come Arles 2008, Draguignan 2006 e Var 2012). Queste indagini, condotte con una metodologia standardizzata che si avvale di questionari faccia a faccia o telefonici, coprono gli spostamenti di ampi campioni della popolazione rappresentativa delle aree interessate. Forniscono informazioni sul numero di viaggi giornalieri (in giorni feriali), sulla ripartizione modale e sulla durata dei singoli viaggi. Ai fini dello studio, ai territori non coperti da tali indagini, principalmente i dipartimenti di Alpes-de-Haute-Provence e Hautes-Alpes (escluso l'agglomerato di Gap), così come l'agglomerato di Avignone (indagine di viaggio troppo vecchia, risalente al 1980) sono stati assegnati dati provenienti da territori con caratteristiche simili.
- Per i dati sui **flussi di merci:**
  - i dati sul trasporto merci su strada del Dipartimento Dati e Studi Statistici del Ministero / SitraM (indagini TRM, SNCF, VNF, Servizi Doganali); questi sono stati poi incrociati con i dati Eurostat (indicando le quantità di trasporto merci su strada per regione NUTS3 - in Francia si parla di Dipartimenti)
  - dati dei vari organismi responsabili della gestione delle infrastrutture: SNCF, Vinci Autoroutes, Grand Port Maritime de Marseille, CCI, Voies Navigables de France.
  - dati provenienti da studi sui trasporti, in particolare:

- Studi sul trasporto di merci nella regione PACA nel 2014 effettuati dal PACA Logistics Cluster;
- Trasporto merci nella Valle del Rodano, CETE Méditerranée, luglio 2002;
- Trasporto merci attraverso le Alpi, Agence Alpine des Territoires - Dipartimento della Savoia, ottobre 2018;
- DREAL Provenza-Alpi-Costa Azzurra, Osservatorio del traffico attraverso le Alpi 2008;
- Riserve di capacità delle infrastrutture di trasporto in PACA, CETE Méditerranée, 2011.

La zonizzazione di riferimento è quella delle circoscrizioni che garantisce la copertura dell'intero territorio della regione meridionale, con un adeguato livello di precisione. La popolazione insediata nelle 18 circoscrizioni conta circa 5,1 milioni di abitanti valore comparabile ai 7 milioni di abitanti all'interno delle 19 province in cui è suddiviso il territorio delle tre regioni italiane (Sardegna, Toscana e Liguria) oggetto di studio.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori degli spostamenti del trasporto privato e delle merci.





Ipotesi prese in considerazione:

- 300 giorni di traffico di automezzi pesanti all'anno
- Carico medio per automezzo pesante in circolazione: 9,8 t (dati SDES, 2017, traffico merci sotto bandiera francese)
- Distanza media percorsa all'interno di una circoscrizione: 15 km
- Per ogni circoscrizione, metà del traffico intradipartimentale è interno alla circoscrizione mentre l'altra metà è distribuita tra le altre circoscrizioni del dipartimento.

	AIX-EN-PROV	APT	ARLES	AVIGNON	BARCELONN	BRIANCON	BRIGNOLES	CARPENTRAS	CASTELLANE	DIGNE-LES-B	DRAGUIGNA	FORCALQUIE	GAP	GRASSE	ISTRES	MARSEILLE	NICE	TOULON
AIX-EN-PROVENCE	1 836	161	232	237	3	10	118	95	5	29	181	75	41	219	374	1 230	164	444
APT	134	399	35	283	1	3	23	116	1	9	40	32	13	51	71	192	40	71
ARLES	200	55	809	195	1	5	37	58	2	12	65	26	20	90	142	468	72	149
AVIGNON	252	489	163	978	2	7	49	489	3	18	86	43	32	119	256	461	97	167
BARCELONNETTE	4	2	2	3	42	1	2	1	3	15	5	24	3	9	3	9	8	5
BRIANCON	10	4	4	7	1	112	4	3	0	2	9	3	112	16	6	21	15	11
BRIGNOLES	48	11	11	16	0	1	465	8	1	5	167	8	5	47	21	116	32	298
CARPENTRAS	57	116	52	283	176	76	70	399	1	5	21	13	9	30	45	99	24	39
CASTELLANE	5	1	1	2	3	0	3	1	48	17	10	28	1	14	2	10	8	6
DIGNE-LES-BAINS	35	13	11	19	22	3	15	10	25	281	37	234	14	55	19	69	41	38
DRAGUIGNAN	77	21	21	33	1	3	209	16	4	13	1 061	19	13	205	38	173	117	852
FORCALQUIER	76	39	20	39	51	3	23	22	58	341	45	450	15	56	38	130	42	62
GAP	31	12	12	22	1	324	11	12	1	9	24	11	324	41	19	62	34	32
GRASSE	92	27	29	46	3	7	54	22	6	20	207	24	23	1 728	51	210	1 728	152
ISTRES	345	104	152	276	2	7	68	94	3	19	108	45	30	143	1 306	808	114	255
MARSEILLE	1 996	239	880	420	6	20	319	175	11	60	418	132	83	501	1 420	4 296	385	1 404
NICE	87	26	30	46	3	8	46	22	5	19	147	23	24	1 556	50	201	1 556	139
TOULON	186	37	48	63	1	5	578	28	3	14	1 319	26	18	149	89	578	109	1 898

Tabella 4 - Traffico merci su strada espresso in veicoli al giorno

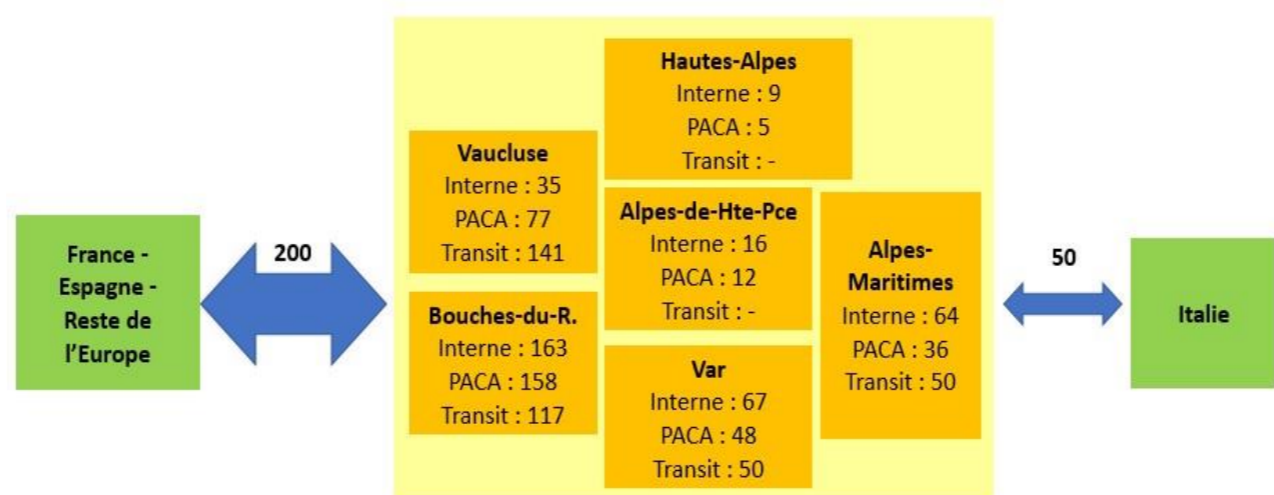


Figura 12 - Stima dei flussi di merci (tonn./giorno) all'interno delle province, all'interno della regione e di scambio

	AIX-EN-PCE	ARLES	AVIGNON	BRIANCON	BRIGNOLES	DIGNE	DRAGUIGNAN	GAP	GRASSE	ISTRES	MARSEILLE	NICE	TOULON
AIX-EN-PROVENCE		60 km	63 km	181 km	57 km	91 km	85 km	128 km	125 km	36 km	26 km	150 km	62 km
ARLES	1h04		46 km	219 km	116 km	140 km	145 km	161 km	184 km	23 km	65 km	209 km	113 km
AVIGNON	1h07	0h46		179 km	116 km	113 km	137 km	121 km	171 km	44 km	83 km	194 km	125 km
BRIANCON	2h49	3h34	3h31		173 km	96 km	152 km	58 km	140 km	202 km	205 km	140 km	204 km
BRIGNOLES	0h45	1h25	1h28	3h08		78 km	34 km	131 km	75 km	93 km	57 km	100 km	31 km
DIGNE-LES-BAINS	1h20	2h04	2h01	2h22	1h43		64 km	56 km	74 km	120 km	112 km	91 km	109 km
DRAGUIGNAN	1h20	1h57	2h00	3h34	0h46	1h49		120 km	41 km	122 km	91 km	66 km	61 km
GAP	1h38	2h23	2h20	1h19	2h02	1h12	2h27		124 km	145 km	152 km	135 km	161 km
GRASSE	1h49	2h26	2h28	4h07	1h16	1h59	1h03	2h56		160 km	131 km	25 km	99 km
ISTRES	0h55	0h40	1h00	3h20	1h21	1h57	1h51	2h12	2h13		45 km	185 km	92 km
MARSEILLE	0h37	1h08	1h11	3h05	1h00	1h40	1h35	1h56	1h57	0h51		157 km	48 km
NICE	1h57	2h33	2h35	4h17	1h23	2h22	1h06	3h06	0h39	2h26	2h09		124 km
TOULON	1h02	1h41	1h43	3h28	0h45	2h04	1h04	2h19	1h27	1h27	0h49	1h36	

Vitesses moyennes  
 70-90 km/h  
 60-70 km/h  
 40-60 km/h  
 < 40 km/h

Tabella 5 - Distanze e tempi di percorrenza in auto tra i capoluoghi di provincia

Ipotesi e osservazioni:

- Le distanze sono calcolate «in linea d'aria»
- I tempi di percorrenza sono calcolati da Google Maps durante i periodi di traffico scorrevole, da un centro città all'altro

	Arrdt d'Arles	Arrdt d'Avignon	Arrdt d'Istres
Arrdt d'Arles	18	11	123
Arrdt d'Avignon		7	58
Arrdt d'Istres			0

Tabella 6 - Traffico fluviale in tonnellate (carico + scarico)

Ipotesi prese in considerazione:

- il traffico fluviale interno alla regione PACA è di 217.000 tonnellate (SDES 2017);
- il traffico fluviale è distribuito in base al carico nei porti della provincia;
- si è ritenuto che tutto il traffico fluviale del GPMM fosse concentrato nella circoscrizione di Istres (anche se Port-Saint-Louis-du-Rhône si trova nella circoscrizione di Arles).

## 1.4 Quantificazione del fabbisogno di GNL

### 1.4.1 Combustibile stradale a GNL

L'uso di GNL come carburante per trasporto su strada è predominante in termini di volume nella regione; il secondo utilizzo è quello per l'approvvigionamento del settore industriale. Nel 2019, questi sono stati gli unici utilizzi di GNL su piccola scala nella regione (se non teniamo conto della sperimentazione). Entrambi i settori sono stati avviati nel 2013 in Francia e nel 2014 nella regione PACA.

La domanda di GNL è aumentata in modo costante e ha tenuto il passo con le vendite di camion a metano: +1.460 immatricolazioni nel 2019 nel segmento 7,5 - 44 tonnellate in Francia, con un incremento del 37% in un anno. In questo segmento di mercato, gli automezzi pesanti a gas rappresentano il 99% delle vendite non diesel. Le soluzioni a idrogeno o elettriche non sono ancora pronte, né abbastanza economiche, e ci vorranno diversi anni prima che si sviluppino pienamente, rendendo per il momento il metano compresso l'unica alternativa al diesel. Anche le stazioni di GNL si stanno sviluppando e si prevede la creazione di circa 3 stazioni pubbliche all'anno nella regione. Con un'offerta media di 70 serbatoi all'anno per stazione, la crescita prevista è di circa 4,2 ktpa. La crescita

europea è del 68% per le stazioni di GNL. Fino al 2021, quando l'Italia dovrebbe vedere l'arrivo dei primi siti di carico per autocisterne, la regione riceverà sulle sue strade, da Fos, l'intero flusso che rifornisce il sud della Francia e quasi il 100% del fabbisogno italiano, che nel 2019 rappresentava rispettivamente 25 e 100 ktpa.

## ACTIVITÉ TRANSPORT ROUTIER.

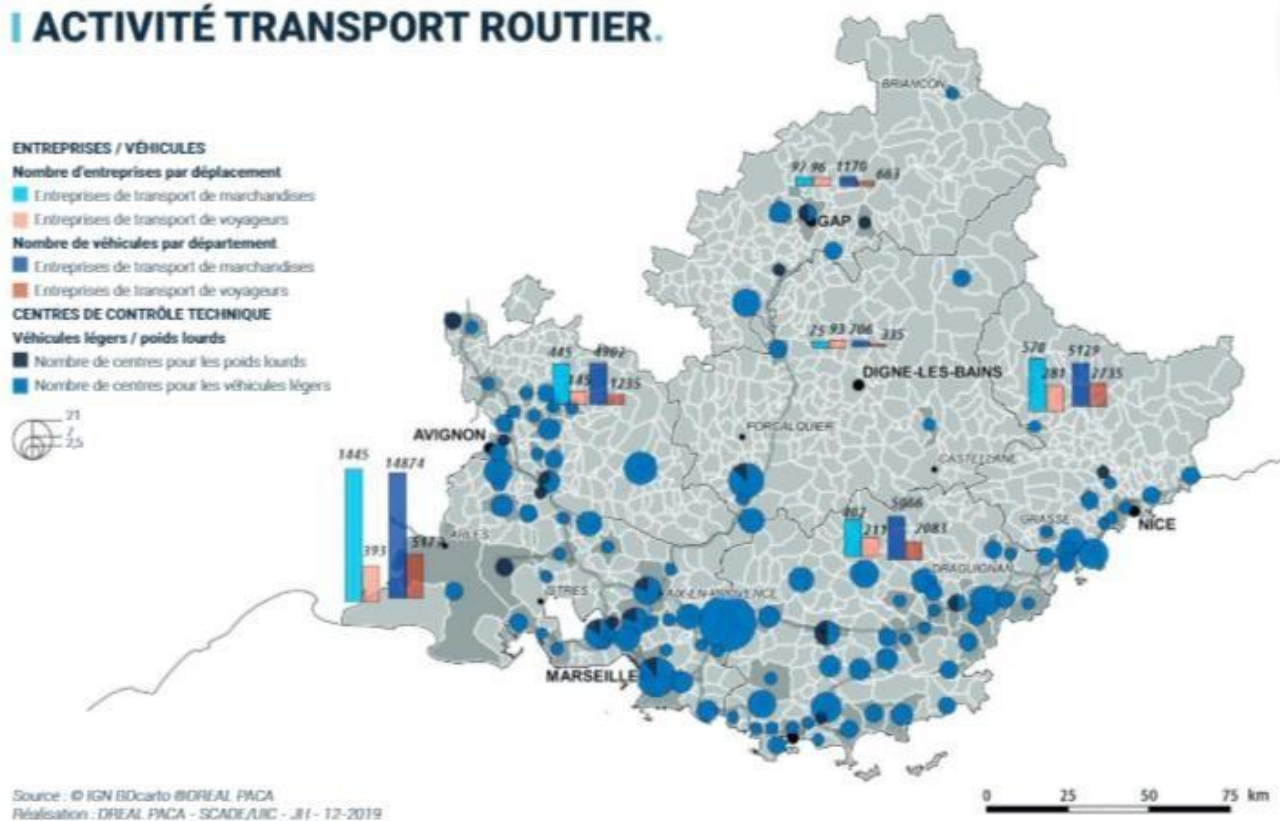


Figura 13 - attività di trasporto su strada nella regione PACA (ORT - ADEME 2018)

Anche tra i principali vettori della regione c'è una recente tendenza a beneficiare di stazioni private all'interno della propria piattaforma logistica, il che potrebbe essere lo scenario alto oltre allo sviluppo delle sole stazioni pubbliche (scenario basso). Sulla mappa precedente (Figura 13) del rapporto di attività 2018 dell'ufficio regionale dei trasporti PACA, si riscontra un livello molto elevato di attività di trasporto su strada lungo le arterie principali della regione, con 3 034 imprese di trasporto merci, di cui 1 445 nella sola Bouches du Rhône, e 31 847 veicoli (tra cui circa 15 000 autoarticolati da 44 t che possono essere alimentati con motori a GNL).

Possiamo immaginare l'ipotesi ponderata di dotare 100 autocisterne di GNL all'anno, che verranno fornite da stazioni private, al ritmo di un serbatoio pieno di 345 kg di GNL ogni due giorni (vale a dire una media di 10 vettori all'anno con la propria stazione e che integreranno

le loro attrezzature con un serbatoio di GNL). Un consumo supplementare di circa 6.300 tonnellate all'anno si otterrebbe da stazioni private situate nei principali hub logistici di prossimità a ovest e a sud della regione. (cfr. Grafico 12), ovvero 63.000 tonnellate per 1.000 autocarri nell'arco di 10 anni (meno del 10% del totale di autocarri della regione).

Dal 2018, inoltre, ci sono stazioni mobili di GNL che potrebbero essere installate ovunque nella regione in settimana, per poi essere ricaricate a Fos il sabato sera. Non ancora del tutto ultimati (uno solo a Lione per tutta la Francia), potrebbero essere adatti agli operatori logistici che desiderano controllare la propria fornitura o ridurre al minimo i rischi di una

conversione a GNL (in quanto la stazione mobile, a differenza di una stazione fissa, può essere rivenduta) (Figura 15)



Figura 14 — mappa schematica delle piattaforme logistiche nella regione PACA



Figura 15 – Stazione mobile di GNL realizzata da HAM

### 1.4.2 Usi di carburante GN

La scelta di utilizzare motori a gas naturale dipende è correlata alla distanza media annua percorsa. I motori a metano (gas naturale compresso), a causa dell'autonomia relativamente bassa, sono più adatti ai veicoli che percorrono brevi distanze. Il costo di acquisto e la manutenzione di un veicolo alimentato a GNC è inferiore al costo di acquisto di un veicolo a GN.

I motori a GNL sono più adatti ai veicoli a lunga percorrenza grazie alla maggiore autonomia consentita da questo carburante e alla grande capacità dei loro serbatoi. Il costo di acquisto dei trattori stradali a GNL è più elevato, ma il risparmio sul carburante, combinato ad un maggiore utilizzo degli stessi, permette di ammortizzare la spesa aggiuntiva.

Per quanto riguarda le automobili, il GNC è preferibile al GNL. Il GNL infatti non è adatto all'uso discontinuo di veicoli per il trasporto di persone (non utilizzati per diversi giorni

consecutivi). Inoltre, le operazioni di carico del carburante devono essere effettuate da personale specializzato.

Ad oggi, solo gli automezzi pesanti della categoria trattori stradali + semirimorchi hanno a disposizione motori a GNL e questa specializzazione sembra destinata a continuare nel tempo. Di conseguenza, le proiezioni del consumo di GNL si basano esclusivamente sull'evoluzione del parco trattori stradali.






Illustrazione	Tipo di camion	Distanze medie percorse all'anno
	Furgone	Basse
	Autocarro	Basse (~75 000 km/anno <sup>7</sup> )
	Camion rimorchio	Variabili
	Autoarticolato	Elevate (~95 000 per il trasporto regionale a ~115 000 km/anno <sup>8</sup> per il trasporto nazionale e internazionale)
	Autobus e pullman	Basse (~35 000 km/an <sup>2</sup> )

Tabella 7 - Classificazione semplificata dei mezzi pesanti

### 1.4.3 Analisi del consumo di carburante dei trattori stradali nella regione PACA

Ad oggi, la quota di mercato del carburante GNL è molto bassa in Francia e nella regione PACA in particolare. Rappresenta solo lo 0,4% delle distanze percorse da trattori stradali da 44 tonnellate circolanti nella regione (Figura 16).

<sup>7</sup> Source : CNR (Comité National Routier)

<sup>8</sup> Source : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer

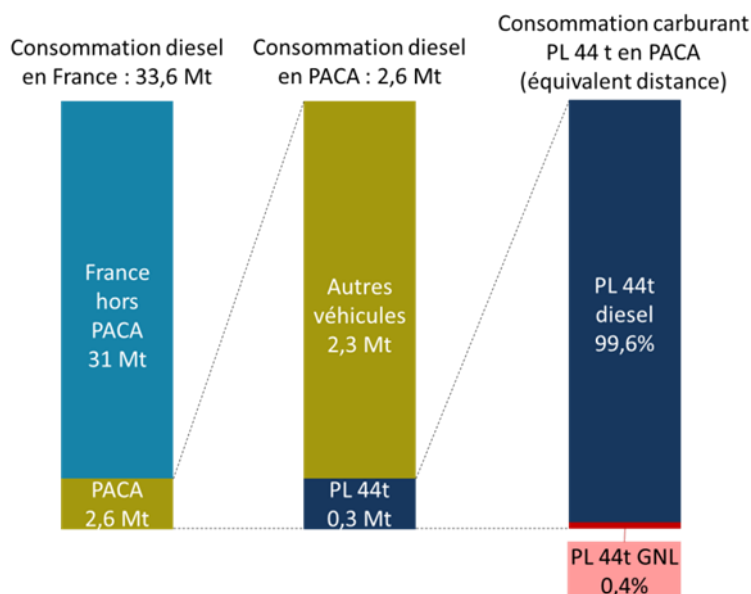


Figura 16 - Quota di GNL nel consumo di carburante dei trattori stradali nella regione PACA (Fonte : See'Up)

La stima è stata effettuata sulla base dei seguenti elementi:

- Calcolo del consumo di gasolio nella regione PACA:
  - Il consumo di gasolio in Francia ammonta a 33,6 milioni di tonnellate (fonte: Insee 2018) e il consumo di gasolio nella regione PACA è stimato a 2,6 milioni di tonnellate (fonte: See'Up, in base alla percentuale della popolazione regionale (Insee: 7%) e del traffico giornaliero regionale medio annuo (data.gouv.fr: 8%));
- Calcolo della quota dei trattori stradali a 44 t nella regione PACA rispetto al traffico giornaliero medio annuo:
  - La quota di automezzi pesanti nella regione PACA rispetto al traffico giornaliero regionale medio annuo è dell'8,9% (fonte: data.gouv.fr 2017)
  - La quota di trattori stradali tra i mezzi pesanti a livello nazionale è del 32% (fonte: data.gouv.fr 2018)
  - La quota di trattori stradali a 44 t rispetto al traffico giornaliero medio annuo nella regione PACA è quindi del 2,85%
- Calcolo della quota di trattori stradali a 44 t in termini di consumo di gasolio nella regione PACA:
  - Il consumo medio di un trattore stradale da 44 t è di 32 l/100 km (fonte: statistiques.developpement-durable.fr, analisi See'Up)
  - Il consumo medio di altri veicoli diesel (autovetture e veicoli commerciali) è di 7 l/100 km (fonte: statistiques.developpement-durable.fr, analisi See'Up)



Possiamo pertanto dire che il 2,85% dei km percorsi in PACA è realizzato da veicoli diesel che consumano 32 l/100km e l'87,15% da veicoli diesel che consumano 7 l/100km. Questo ci permette di dedurre che la proporzione di trattori stradali da 44 t, nel consumo di gasolio, è del 12%, ovvero 0,3 Mt.

- Calcolo del tasso di introduzione del carburante GNL nel consumo di carburante di automezzi pesanti da 44 t nella regione PACA:
  - 0,3 Mt di gasolio permettono di percorrere 1137 milioni di km
  - Il consumo di GNL nella regione PACA, pari a 1500 tonnellate nel 2019, consente di percorrere 5 milioni di km. Tra tutti i trattori stradali da 44 t nella regione PACA, la quota di km raggiunta da quelli adibiti a GNL è quindi dello 0,4%.

#### 1.4.4 Combustibile marittimo a GNL

Dopo il GNL come carburante stradale, grazie ai suoi molteplici vantaggi, il GNL come carburante marino sta convincendo sempre più armatori a soddisfare i requisiti delle nuove normative internazionali IMO per quanto riguarda le emissioni delle navi (Figura 17<sup>9</sup>).

ENERGY SOURCE FUEL	HFO + SCRUBBER	LOW SULPHUR FUELS	FOSSIL (WITHOUT CO <sub>2</sub> )			LPG	BIO HVO (Advanced biodiesel)	AMMONIA	RENEWABLE <sup>(1)</sup> HYDROGEN	FULLY ELECTRIC
			LNG	METHANOL						
<b>Highest priority parameters</b>										
Energy density	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Technological maturity	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Local emissions	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
GHG emissions	●	●	● <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●	●
Energy cost	●	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(4)</sup>
Capital cost	Converter	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Storage	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bunkering availability	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Commercial readiness <sup>(1)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(3)</sup>
<b>Other parameters</b>										
Flammability	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Toxicity	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regulations and guidelines	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Global production capacity and locations	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Figura 17 - Tavola dei parametri di energia e soluzioni per il carburante marittimo

<sup>9</sup> Lien vers le rapport : [https://sea-lng.org/wp-content/uploads/2019/10/SEALNG\\_Alternative\\_fuels\\_narrative\\_V22.pdf](https://sea-lng.org/wp-content/uploads/2019/10/SEALNG_Alternative_fuels_narrative_V22.pdf)

La crescita è molto forte in Europa, in particolare grazie all'istituzione nel 2011 di zone ECA nel Nord Europa.

A questo proposito, alla fine del 2019 gli Stati mediterranei hanno deciso all'unanimità di istituire una zona CCA nel Mediterraneo entro il 2024. Uno studio coreano annuncia che il 60% delle future navi costruite nei cantieri navali dopo il 2025 (compresi i nuovi ordini) saranno navi a GNL. Secondo il rapporto DNVGL Maritime Forecast to 2050 del 2019, dal 40% all'80% della flotta mondiale potrebbe essere alimentata a GNL entro il 2050 (Figura 18):

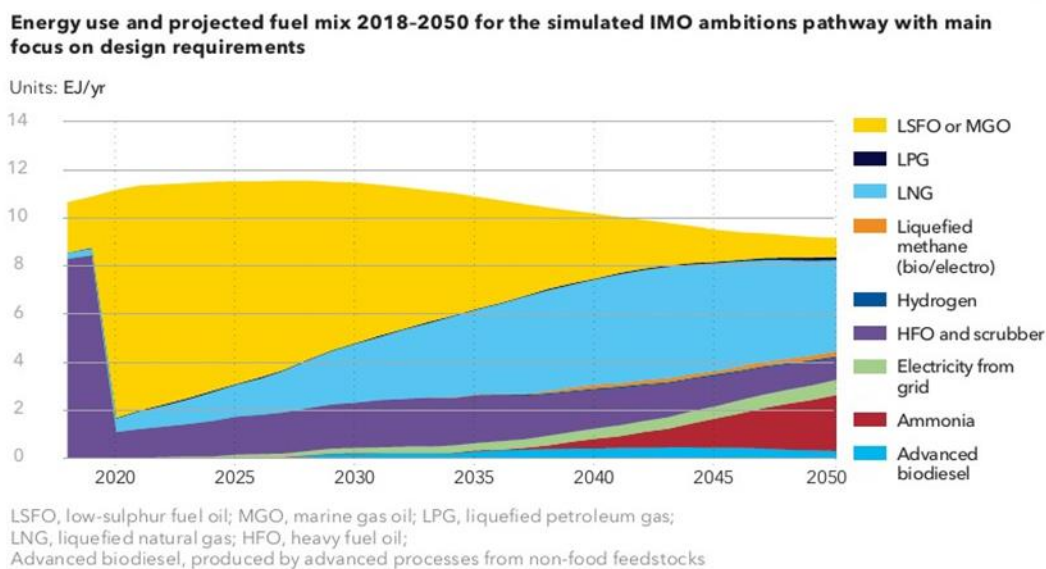


Figura 18 - previsione della miscela di carburante marino fino al 2050 (DNG VL 2019)

Per la regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra, il primo risultato concreto è il risultato di un accordo tra Total e l'armatore CMA CGM per la fornitura di circa 270.000 tonnellate metriche di GNL all'anno nell'arco di dieci anni a partire dal 2021. Questo volume coprirà la fornitura di nove future navi portacontainer CMA CGM, la cui consegna è prevista a partire dal 2021. Questo bunkeraggio sarà effettuato nel porto di Marsiglia da una nave metaniera di piccole dimensioni (Ship-to-Ship).

Corsica Line ha anche annunciato un ordine per un traghetto a GNL per Marsiglia consegnabile nel 2022.

Inoltre, il porto di Marsiglia ha ricevuto per la prima volta lo scorso dicembre una nave da crociera a GNL, la Costa Smeralda. Ulteriori annunci potrebbero essere fatti dagli armatori nei prossimi mesi e anni, soprattutto se la zona ECA nel Mediterraneo dovesse diventare una realtà.

Se le prospettive sono incoraggianti, l'evoluzione del consumo di GNL per questo utilizzo rimane incerta: alcuni armatori esitano sul costo aggiuntivo delle navi GNL e, per quanto

riguarda le navi da crociera, il bunkeraggio può essere effettuato a Barcellona, che offre tali servizi, piuttosto che nella regione Provenza Alpi-Costa Azzurra.

In uno scenario basso, il consumo sarebbe limitato alle navi già ordinate (CMA CGM e Corsica Linea) senza ulteriori sviluppi, portando il fabbisogno a circa 290 000 tonnellate all'anno a partire dal 2022.

In uno scenario alto, si può immaginare la graduale introduzione di traghetti a GNL nei porti di Marsiglia, Tolone e Nizza, al ritmo di uno ogni 2 anni a partire dal 2022, cioè il rinnovo di un terzo dell'attuale flotta (4 navi su 23 per Corsica Ferries, Corsica Line e La Méridionale), allo stesso ritmo osservato negli ultimi 10 anni. Ogni nuovo traghetto GNL dovrebbe fare bunkeraggio in media per circa 11 ktpa all'anno. A questo si aggiunge il bunkeraggio dei transatlantici, il rifornimento dei quali verrebbe distribuito nel Mediterraneo tra Barcellona e Fos. Un nuovo transatlantico ogni 3 anni nel corso del decennio sembra realistico. Il loro fabbisogno è stimato a 30 ktpa per ogni nave da crociera.

Il bunkeraggio dovrebbe essere effettuato nel porto di Marsiglia principalmente da nave a nave con occasionali bunkeraggi di traghetti via truck-to-ship. A Tolone, se i traghetti vengono convertiti al GNL, le prime operazioni dovrebbero essere effettuate via truck-to-ship, ma una chiatta bunker diventerà rapidamente necessaria nel caso in cui vengano supportate più navi. Il GNL potrebbe poi essere trasportato da Fos sur Mer via mare, su rotaia o su strada. Il bunkeraggio a Nizza dovrebbe rimanere eccezionale e verrebbe effettuato esclusivamente da camion cisterne.

Inoltre, seguendo l'esempio dell'uso del carburante stradale, la regione PACA, attraverso i suoi terminali GNL a Fos sur Mer, rifornirà probabilmente le regioni limitrofe di GNL per il carburante marino, in particolare l'Occitania e l'Italia settentrionale. A seconda dei volumi coinvolti e della distanza, questi flussi possono avvenire a terra tramite autocisterne, o via mare tramite metaniere di piccole dimensioni.

#### **1.4.5 Combustibile fluviale a GNL**

La rete fluviale della Provenza-Alpi-Costa Azzurra è particolarmente importante con circa 140 km di corsi d'acqua e 6 chiuse sui principali corsi d'acqua. È costituito da corsi d'acqua che consentono la circolazione di grandi dimensioni d'ingombro. Tuttavia, lo sviluppo dell'uso del GNL non sembra promettente come il carburante stradale o marino. La durata di vita della flotta è molto lunga, il che limita il potenziale di penetrazione delle energie alternative. La situazione economica del trasporto per vie navigabili interne ne limita la capacità di sostenere i costi di investimento aggiuntivi della propulsione a GNL (nella misura del 40%-50%).

Tuttavia, il bacino del Rodano è direttamente collegato ai terminali GNL di Fos-Tonkin e Fos Cavaou e le dimensioni delle navi si prestano bene alla conversione del GNL. Uno studio

finanziato dalla Commissione Europea (logistica del GNL) nel 2016-2019 ha previsto un consumo di 60.000 m<sup>3</sup> di GNL (27 ktpa) all'anno entro il 2030, il che sarebbe lo scenario ottimale. Il bunkeraggio verrebbe probabilmente effettuato via truckto-ship e sarebbe diviso tra Fos e la zona di Lione (escludendo quindi la regione PACA), la sezione su cui si svolge la maggior parte del traffico (Figura 19).



Figura 19 - la rete fluviale della Provenza-Alpi-Costa Azzurra

Tuttavia, date le incertezze che circondano lo sviluppo del settore, considerando i costi da mobilitare e i piccoli volumi coinvolti, uno scenario basso comporterebbe che nessuna chiatta alimentata a GNL vedrebbe la luce sul Rodano.

#### 1.4.6 Combustibile ferroviario a GNL

I treni in Francia utilizzano due modalità di propulsione: termica (diesel) ed elettrica. Dei 30.000 chilometri di linee della rete ferroviaria francese, 15.000 chilometri sono elettrificati e rappresentano il 90% del traffico passeggeri. L'altra metà delle linee è quindi servita solo da locomotive diesel. Per promuovere lo sviluppo sostenibile del modo di trasporto ferroviario si possono considerare due opzioni

- l'elettrificazione delle linee
- la motorizzazione ecologica e autonoma (il locomotore trasporta la propria energia di propulsione).

L'elettrificazione delle linee ha un costo che varia tra 0,35 e 1,5 milioni di euro per chilometro di binario singolo, e tra 0,7 e 3 milioni di euro per una linea a doppio binario esclusi i costi di

manutenzione. Tali costi fanno sì che sono ormai poche le linee per le quali l'elettrificazione è economicamente conveniente.

L'introduzione della motorizzazione ecologica consente di trasferire il costo dell'infrastruttura sul costo del materiale rotabile. Questa è la strategia che è stata preferita. Attualmente i principali produttori di materiale rotabile (Bombardier e Alstom) stanno concentrando i loro sforzi sull'idrogeno trascurando il GNC.

Nel marzo 2020 è stato approvato un prototipo di locomotiva a idrogeno per la rete ferroviaria europea. Tuttavia, l'idrogeno è ancora molto costoso sia in termini di attrezzature che di costo del carburante. Il carburante a idrogeno costa tra i 100 e i 200 euro per MWh, ovvero tra i 4 e i 6 euro al kg (prezzo all'uscita dell'impianto di elettrolisi), se il tempo di operatività è superiore a 7.000 ore all'anno. A questo prezzo bisogna aggiungere i costi di compressione per raggiungere un totale di circa 10 euro/kg. A titolo di confronto, il mercato all'ingrosso del gas dovrebbe rimanere stabile al di sotto dei 20 €/MWh e il GNL alla pompa in Francia si aggira intorno a 1€/Kg. Inoltre, nella stragrande maggioranza dei casi, le locomotive vengono rifornite presso il deposito con autocisterne. In questo modo il passaggio alle locomotive a gas naturale liquefatto non comprometterebbe né la logistica né le pratiche già esistenti.

Il trasporto ferroviario francese a diesel è composto da 3.500 locomotive con serbatoi di circa 2,1m<sup>3</sup> ovvero 0,94 tonnellate. Con riferimento alla regione PACA, il materiale rotabile è composto da 137 locomotive<sup>10</sup>, di cui 58 termiche. Si potrebbe immaginare il retrofit o l'acquisto di due locomotive GNL per il 2023 per l'omologazione e, dopo un test conclusivo, l'acquisto di 10 locomotive aggiuntive per le linee non elettrificate (Figura 20) intorno al 2026. In uno scenario alto, con una media di un serbatoio al giorno, le prime due locomotive consumerebbero 687 tonnellate all'anno, per poi aumentare ulteriormente a 4.122 tpa con l'aggiunta di altre 10 locomotive. In uno scenario pessimistico, l'idrogeno sarebbe il carburante ideale per le ferrovie.

Va notato che, sebbene il GNL non sia ancora trasportato su rotaia in Francia, è una delle sostanze pericolose coperte dalla normativa ferroviaria internazionale "RID" e può essere trasportato in idonei contenitori criogenici: carri GNL o contenitori ISO. Elengy sta studiando progetti per collegare il terminale di Fos Tonkin alla rete ferroviaria nazionale con l'obiettivo di trasportare GNL in treno da qui al 2023. Con questa modalità di trasporto sarà possibile fornire, a costi competitivi, impianti satelliti di stoccaggio, alcuni dei quali potrebbero essere ubicati nell'area di cooperazione di Marittimo (Nord Italia, ad esempio).

---

<sup>10</sup> al 14 marzo 2020

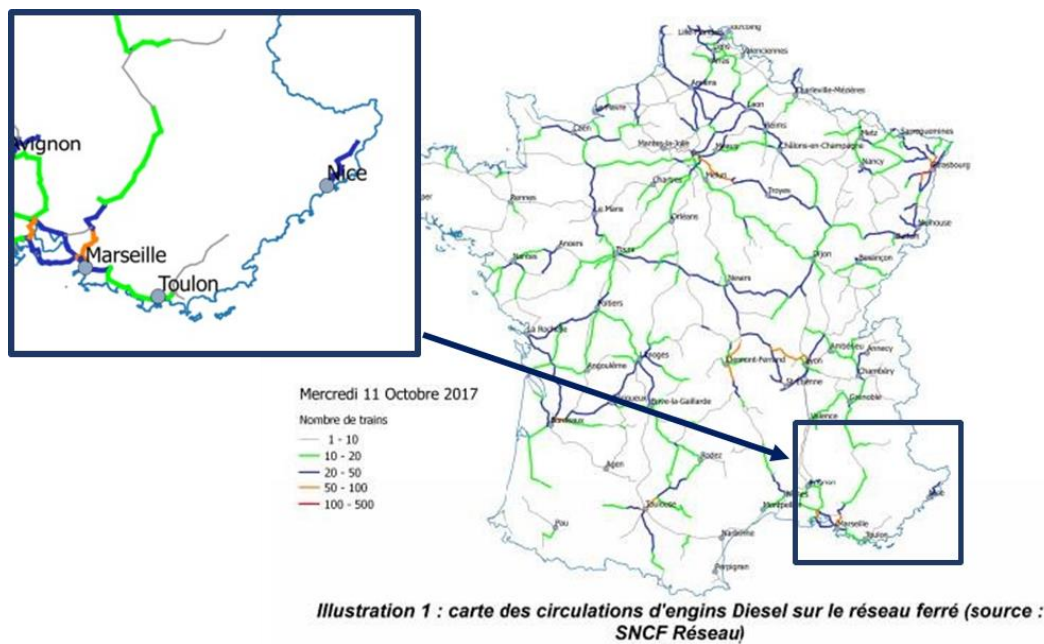


Figura 20 - mappa del traffico di treni Diesel sulla rete ferroviaria (fonte: rete SNCF)

### 1.4.7 Usi domestici di GNL

Dal 2017 si sono verificati casi di utilizzo di GNL per uso domestico in aree lontane dalla rete nazionale di distribuzione del gas naturale. Il primo comune ad utilizzare il GNL per la propria rete locale è il comune di Molveno in Trentino-Alto Adige. Quest'ultimo, per alimentare la sua rete di distribuzione comunale lunga 4,4 km, si è dotato di un piccolo impianto di rigassificazione. L'impianto comprende un serbatoio di 80 m<sup>3</sup> di GNL (equivalente a 56.000 m<sup>3</sup> di gas naturale ad una pressione di rete di 2,4 bar), che può

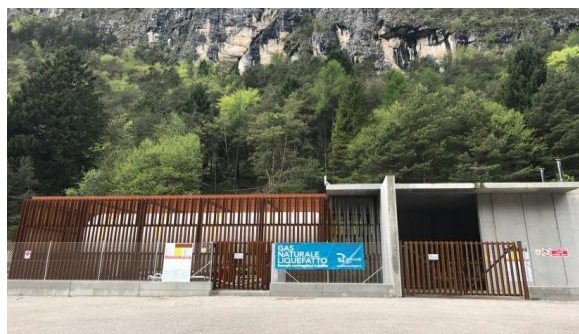


Figura 21 - La stazione di Molveno

assicurare una capacità di consegna di 2.500 m<sup>3</sup>/ora (cfr. Grafico 18). 1,7 milioni di euro, interamente finanziati dalla società energetica Dolomiti Gnl che rifornisce la rete tramite autocisterna circa cinque volte all'anno. Un secondo comune: Marilleva, sempre in Trentino, ha seguito l'esempio di Molveno e altri comuni della regione hanno mostrato il loro interesse.

Questa nuova tendenza italiana potrebbe essere adottata nella regione PACA in territori non coperti dalla rete distributiva di GrDF (cfr. Grafico 19). Ciò riguarderebbe principalmente i dipartimenti delle Alpes Maritimes (06) e Alpes de Haute Provence (04). Si potrebbe supporre che i comuni della regione che volessero rendere ecologica la loro rete energetica con l'olio combustibile o il GPL adottino il GNL. In uno scenario alto, vedremmo la conversione a GNL di un piccolo comune ogni anno con un conseguente aumento di 5 camion all'anno che rappresenterebbero circa 100 tonnellate all'anno. Ciò significherebbe circa dieci comuni in 10 anni per un consumo di 1000 tonnellate di GNL all'anno. Lo scenario pessimistico ipotizzato sarebbe la non concretizzazione di quanto sopra da parte di nessun comune della regione.

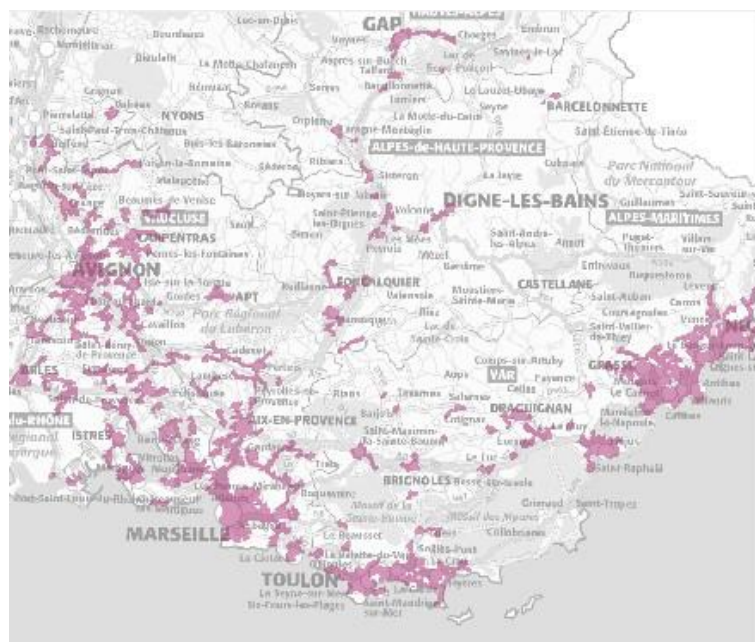


Figura 22 - carta della rete GrDF nella regione PACA (zone in viola)

### 1.4.8 Usi industriali GNL

Per quanto riguarda gli industriali, esistono prospettive di sviluppo sulla conversione della loro rete energetica (sia per il riscaldamento in sostituzione delle caldaie a gasolio o GPL, sia per i processi di produzione). Solo i siti che non possono essere collegati alla rete di distribuzione del gas naturale gassoso opterebbero per il GNL.

Ad oggi (2019), due siti industriali nella regione PACA sono approvvigionati in GNL, con 51 serbatoi (cioè circa 1.000 tonnellate). In uno scenario alto, si potrebbe immaginare la progressione di un sito industriale ogni 3 anni che acquisirebbe 25 serbatoi di GNL all'anno, cioè circa 500 tonnellate all'anno (3 siti in 10 anni per 1500 t di GNL all'anno). Per quanto riguarda il GNL nazionale, questi siti si troverebbero principalmente nei dipartimenti delle

Alpi Marittime (06) e delle Alpi di Alta Provenza (04). Uno scenario basso sarebbe che nessun sito industriale si converta al GNL.

#### 1.4.9 Analisi comparativa di scenario alto e scenario basso

Dopo aver esaminato le opportunità di sviluppo del GNL nella regione PACA, può essere fatto il confronto tra gli scenari “alto” “basso”.

Occorre innanzitutto osservare che gli usi del GNL con il maggior potenziale sono quelli del carburante stradale e marino. Questi sono gli unici utilizzi che vengono mantenuti nello scenario basso (Tabella 8). Non fanno invece parte dello scenario “basso” gli altri usi che al momento sono considerati come usi di nicchia.

Per il carburante per autotrazione, la premessa è un tasso di crescita lineare annuale come quello osservato negli anni passati, ma che raggiunge il suo picco nel 2028 a causa di un equilibrio raggiunto sul mercato con altre modalità di propulsione.

Per il settore marittimo, si fa riferimento agli ordini di navi a GNL stimati fino ad oggi.

SCENARIO BASSO (Ktpa)	UTILIZZO						
	Produzione elettrica	Carburanti				Utilizzo storico del gas	
	Stazioni mobili	Stradale	Marino	Fluviale	Ferroviano	Domestico	Industriale
2020	0	5	0	0	0	0	1
2021	0	9	135	0	0	0	1
2022	0	13	290	0	0	0	1
2023	0	17	290	0	0	0	1
2024	0	22	290	0	0	0	1
2025	0	26	290	0	0	0	1
2026	0	30	290	0	0	0	1
2027	0	34	290	0	0	0	1
2028	0	38	290	0	0	0	1
2029	0	40	290	0	0	0	1
2030	0	42	290	0	0	0	1

Tabella 8 - proiezione ipotetica di uno scenario pessimistico su 10 anni

Nello scenario ottimistico, gli sviluppi riguardano ciascuno dei possibili utilizzi (Tabella 9), in particolare:

- l'installazione di stazioni mobili per la produzione di energia elettrica per le navi ormeggiate verrebbe scaglionata in funzione dell'arrivo di nuove navi o di adeguamenti alla flotta esistente.



- su strada, oltre all'aggiunta prevista di 3 stazioni pubbliche ogni anno, si aggiunge lo sviluppo di stazioni private che coprono il fabbisogno di 100 camion GNL l'anno.
- per quanto riguarda il carburante marino, oltre all'accordo di fornitura tra CMA CGM e la nave Corsica Lines, si prevede il bunkeraggio di un traghetto supplementare ogni due anni e di una nave di linea supplementare ogni tre anni.
- per il carburante fluviale, l'aumento dei consumi corrisponde ai volumi di uno studio europeo che stima il fabbisogno a 27 ktpa con rifornimenti distribuiti tra Fos e Lione.
- il GNL potrebbe essere adottato come sostituto del diesel per il carburante ferroviario. Possiamo immaginare, per due locomotive, i volumi necessari per la certificazione e poi un ordine di 10 locomotive nel 2025. Dal momento in cui questi sono spesso ordinati in lotti.
- per il GNL ad uso domestico, lo scenario ottimistico adottato corrisponde alla conversione a GNL di un piccolo comune all'anno.
- per uso industriale, i volumi rappresentano l'aggiunta di un cliente industriale ogni 3 anni con un consumo annuo di 25 serbatoi di GNL.

Entro il 2030 (Tabella 10), un confronto dei volumi rivela la quota preponderante del GNL come combustibile marino, ma con una logistica essenzialmente marittima e altamente concentrata (operazioni di bunkeraggio da nave a nave, coperte da due o tre navi porta-metaniere o chiatte di bunkeraggio e completate da un servizio camion a nave). Al contrario, il carburante per autotrazione GNL rappresenterà un importante contributo allo sviluppo della rete di distribuzione terrestre con l'aumento del numero di stazioni di servizio e del relativo traffico di autocisterne. Alcuni traffici ferroviari potrebbero svilupparsi tra il bacino portuale di Marsiglia e il porto di Tolone con il trasporto di metaniere per rifornire quest'ultimo (con carburante marino o per le stazioni elettriche di banchina). Questo trasporto ferroviario è soggetto allo sviluppo di altri trasporti di container tra i due porti che consentano la circolazione di treni completi.

SCENARIO ALTO (Ktpa)	UTILIZZO						
	Produzione elettrica	Carburanti				Utilizzo storico del gas	
		Stazioni mobili	Stradale	Marino	Fluviale	Ferrovio	Domestico
2020	0	11	0	0	0	0	1
2021	8	22	146	0	0	0,1	1,5
2022	8	32	301	2	0	0,2	1,5
2023	8	43	342	5	0,7	0,3	1,5
2024	8	53	342	8	0,7	0,4	2
2025	8	64	353	11	4,1	0,5	2

2026	8	74	383	14	4,1	0,6	2
2027	8	85	394	18	4,1	0,7	2,5
2028	8	95	394	21	4,1	0,8	2,5
2029	8	103	435	24	4,1	0,9	2,5
2030	8	111	435	27	4,1	1	3

Tabella 9 - proiezione ipotetica di uno scenario ottimistico su 10 anni

2030 (Ktpa)	UTILIZZO						
	Produzione elettrica	Carburanti				Utilizzo storico del gas	
	Stazioni mobili	Stradale	Marino	Fluviale	Ferroviano	Domestico	Industriale
Basso	0	42	290	0	0	0	1
Alto	8	111	435	27	4	1	3

Tabella 10 - volumi di scenari pessimistici e ottimistici fino al 2030

Nel complesso (Figura 23), si registra un forte aumento dei volumi nel 2021 e nel 2022, dovuto all'attuazione e all'accelerazione dell'accordo CMA CGM, per entrambi i tipi di scenario. Dal 2022 in poi, si delineano uno scenario a tendenza bassa con una crescita limitata dovuta al GNL stradale e uno scenario alto con una crescita più sostenuta dovuta ai possibili diversi utilizzi del GNL.



Figura 23 - volumi stimati negli scenari pessimistici e ottimistici (Kt/a)

### 1.4.10 Sintesi delle stime

Dopo aver esaminato la molteplicità dei potenziali utilizzi del GNL, l'evoluzione della rete di distribuzione e di trasporto nella regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra nei prossimi anni, sarà prevalentemente orientata nei settori stradale e marittimo

#### **Settore Stradale:**

- aumento del numero di stazioni di servizio a metano lungo le strade principali e in prossimità delle piattaforme logistiche del territorio
- sviluppo di stazioni private sulle piattaforme operative dei vettori stradali.

Poiché le stazioni di servizio sul territorio sono rifornite da serbatoi di GNL provenienti dai terminali di Fos, il loro sviluppo comporterà un aumento dei flussi di trasporto con autocisterne. Questi flussi saranno concentrati sugli assi stradali principali: asse sud-nord lungo la A7, asse ovest-est da Fos a Marsiglia-ToloneNizza (A55, A50, A8), asse est-ovest da Fos a Nîmes e poi verso l'Occitania (N568, A54). Inoltre, poiché i terminali di Fos sono la principale fonte di approvvigionamento per le stazioni di servizio e i siti di stoccaggio di GNL in Italia, i flussi ovest-est saranno rafforzati verso l'Italia. In misura più limitata, si svilupperà un flusso regionale verso Gap.

La mappa sottostante (Grafico 24) identifica i centri logistici della zona e la rete stradale principale ad essi collegata. I recenti sviluppi logistici del territorio si concentrano su questi centri o lungo gli assi identificati. Lo stesso vale per gli sviluppi futuri. Questa cartografia permette quindi di ipotizzare l'ubicazione della futura rete di stazioni di servizio (circa 25 nuove stazioni, senza contare le stazioni private): principalmente a livello di snodi logistici e, in misura minore, lungo le strade principali al di fuori di questi snodi.

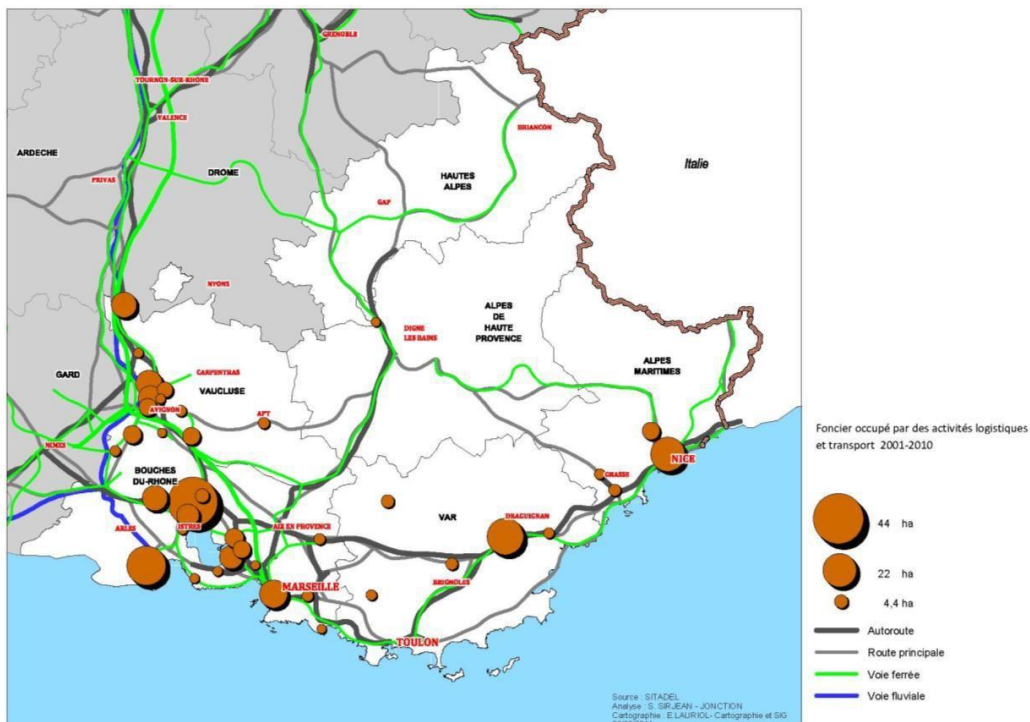


Figura 24 - Logistica e trasporto territoriali 2001-2010 (fonte : <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr>)

## Settore Marittimo:

Il GNL come combustibile marino dovrebbe diventare il primo utilizzo su piccola scala nella regione entro i prossimi due anni. L'arrivo di traghetti e navi da crociera a GNL costringerà i porti a dotarsi di soluzioni di rifornimento di GNL.

A seconda dei porti, le soluzioni possono essere di vari tipi.

- il porto di Marsiglia-Fos ospiterà la piccola nave metaniera di Total per rifornire le navi portacontainer dell'armatore CMA CGM. Altre metaniere di piccole dimensioni o chiatte potrebbero rifornire le altre navi a mano a mano che il traffico aumenta.
- A Tolone sono disponibili diverse soluzioni :
- Inizialmente, le soluzioni camion-nave sono adatte per piccoli volumi (approvvigionamento di traghetti), completate dal rifornimento di stazioni mobili per l'alimentazione elettrica da terra da parte di autocisterne
- Successivamente, con l'aumento dei volumi, si ipotizza lo stoccaggio in banchina con rifornimento ferroviario o marittimo (tramite metaniere di piccole dimensioni)

- Una soluzione alternativa allo stoccaggio a terra rimane quella nave a nave tramite metaniere di piccole dimensioni o chiatte, eventualmente completata da autocarro a nave per i volumi più piccoli
- A Nizza, dato che il potenziale di mercato è più limitato, la soluzione autocarro-nave sembra essere la più adatta.

Questi sviluppi sarebbero quindi associati ad un flusso Ovest-Est (stradale, marittimo o addirittura ferroviario), dove Fos-sur-Mer sarebbe l'unico punto di approvvigionamento per i porti di Marsiglia, Tolone e Nizza per le loro esigenze di rifornimento di GNL.

### **Altri utilizzi**

Altri utilizzi hanno un potenziale di sviluppo più limitato, ma possono essere perfettamente adattati ad alcune problematiche locali. Dati i volumi relativamente bassi e la flessibilità prevista, le forniture saranno effettuate tramite autocisterne.

- L'uso industriale dovrebbe rimanere limitato a località lontane dai centri abitati e dalle reti del gas. Dovrebbe toccare solo un numero molto ristretto di località e quindi non dovrebbe avere un impatto significativo sulla rete di distribuzione del GNL.
- Il potenziale per il combustibile fluviale rimane limitato, ma lo sviluppo è ancora possibile a medio termine.
- Per il GNL nazionale, le previsioni sono ancora incerte. La decisione spetta ai comuni, che tendono a privilegiare le biomasse quando cercano di sviluppare fonti di energia alternative. Tuttavia, in alcuni casi potrebbero presentarsi delle applicazioni. In tutti i modi, i volumi rimarranno molto bassi.
- Le soluzioni mobili per la generazione di energia, tramite GNL, destinata alle navi ormeggiate sono una risposta matura ed economica. E' probabile che i porti si dotino di questa soluzione come backup, in una fase di transizione o quando la connessione alla rete è troppo complessa. Tuttavia, in questi porti sarà necessario sviluppare strutture e procedure adeguate.
- Nel settore ferroviario, prima di qualsiasi sviluppo, occorre prevedere un periodo corrispondente all'omologazione dei locomotori sulla rete europea. Se si ottenesse tale omologazione, lo sviluppo potrebbe essere molto rapido grazie alle limitate alternative e della facile logistica del ricarica tramite autocisterne presso il deposito. La catena di approvvigionamento non verrebbe interrotta. Naturalmente, col tempo, i depositi potrebbero essere dislocati in punti chiave della rete, ad esempio nei porti marittimi e fluviali multimodali collegati alla rete ferroviaria, che fornirebbero così sia le chiatte marittime o fluviali che le locomotive.

Nel complesso, per i prossimi anni, il modello di distribuzione nella regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra (Figura 25) rimarrà concentrato su Fos come sito di approvvigionamento per la regione e non solo. I principali volumi di distribuzione saranno generati dall'uso marittimo a partire dal 2021, a destinazione dei porti di Marsiglia ed eventualmente di Tolone. Questi flussi di distribuzione saranno effettuati principalmente via mare e, in modo più limitato, via terra o anche su rotaia. La distribuzione a terra, anche se minore, continuerà a crescere in maniera significativa. I flussi terrestri continueranno ad essere destinati principalmente al di fuori della regione (Valle del Rodano e Italia) e aumenteranno notevolmente all'interno della regione, dove forniranno il crescente numero di stazioni di GNL, formando, col tempo, una rete di una trentina di stazioni.

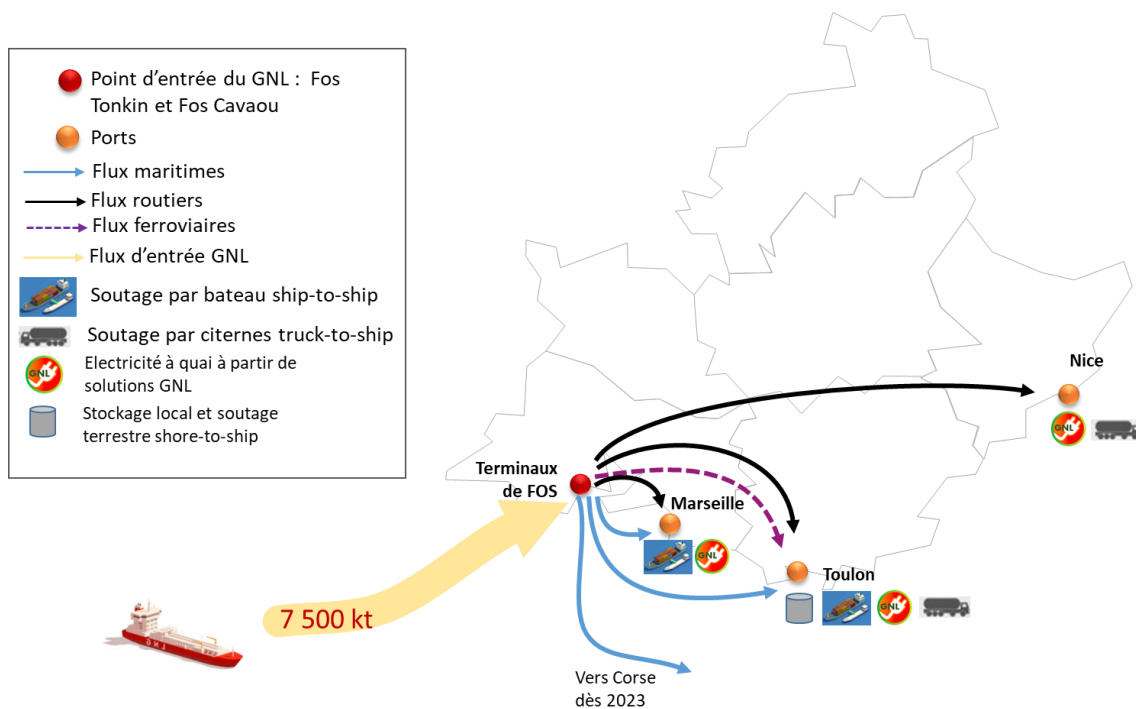


Figura 25 - Quadro di riferimento per il trasporto e la distribuzione di GNL nella regione PACA: potenziale di sviluppo di GNL nel settore marittimo e portuale

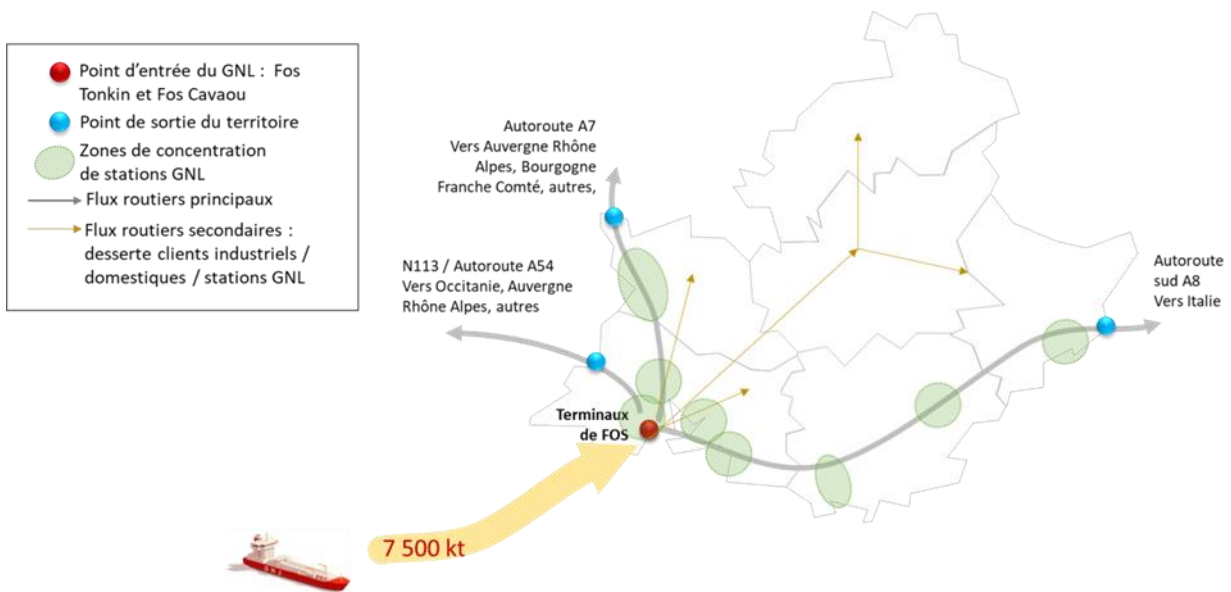


Figura 26 - Quadro di riferimento per il trasporto e la distribuzione di GNL nella regione PACA: potenziale di sviluppo nell'industria del GNL onshore: carburante, clienti industriali, clienti privati

## 1.5 Progetti di miglioramento della rete di trasporto e distribuzione del GNL: l'importanza di adeguarsi alla rapida evoluzione del mercato

### 1.5.1 Rete primaria

Settore	Contesto / Punti di forza / Debolezze	Aree di miglioramento / raccomandazioni
Terminali Marittimi Fos Tonkin Fos Cavaou	Sviluppo dei mercati di trasbordo e di carico delle navi Buona accessibilità marittima	nessun problema tecnico o di capacità
Distribuzione Stradale: Fos Tonkin Fos Cavaou	Forte crescita della domanda di carburante GNL (il mercato è raddoppiato tra il 2018 e il 2019) Apertura del sito di Cavaou nel 2019 con 2 baie di carico (oltre a quello di Tonkin) Buona accessibilità stradale	Nessun problema tecnico o di capacità

Distribuzione Ferroviaria Fos Tonkin Fos Cavaou	Progetti in fase di studio per lo sviluppo di una fornitura di servizi di bunkeraggio per gli impianti di stoccaggio a terra situati nell'entroterra, mediante ferrovia in provenienza dai terminali GNL.	Studi in corso
Distribuzione Fluviale : Fos Tonkin Fos Cavaou	Nessuna necessità di mercato e di progetto specifico per il trasporto fluviale di GNL	

### 1.5.2 Rete secondaria (stazioni di servizio GNL, approvvigionamento navi)

Settore	Contesto / Punti di forza / Debolezze	Aree di miglioramento / raccomandazioni
Marittimo: porto di Marsiglia	<p>Crescita del mercato delle navi alimentate a GNL</p> <p>Contratto tra CMA CGM e Total per il rifornimento di navi portacontainer tramite nave adibita alla consegna (270 kt / anno)</p> <p>Nessuna offerta di fornitura di GNL ad oggi, al di là dei test realizzati</p>	<p>Garantire la competitività del Porto di Marsiglia per il rifornimento di GNL: costi, soluzioni tecniche, operazioni, scadenze, sicurezza, ecc.</p> <p>Proporre soluzioni alternative alla nave fornitrice per dare flessibilità e continuità all'offerta: camion a nave (con o senza deposito locale a terra), terra a nave (con deposito locale a terra).</p>



<p>Marittimo altri porti della regione PACA (Tolone, Nizza)</p>	<p>Crescita del mercato delle navi a GNL  Nessuna offerta di rifornimento di GNL ad oggi</p>	<p>Valutare l'interesse e la fattibilità (capacità residua, operazioni, costi) dell'impiego di una nave da rifornimento Total nei porti della regione ProvenzaAlpi-Costa Azzurra.</p> <p>Proporre soluzioni alternative alla nave di rifornimento per garantire flessibilità e continuità dell'offerta: da camion a nave (con o senza deposito locale a terra), da terra a nave (con deposito locale a terra), da nave a nave (con una soluzione più leggera come una chiatte che trasporta contenitori di GNL). Per il porto di Tolone: possibilità di approvvigionamento dei container mediante treno, con riserva di flussi supplementari di GNL).</p>
<p>Stradale: stazioni di servizio GNL</p>	<p>Forte crescita del mercato di combustibile GNL  Un'offerta e una rete ridotte: solo 3 stazioni nel territorio, concentrate in un unico dipartimento</p>	<p>Sviluppare la rete delle stazioni di servizio GNL nella regione: individuare le aree logistiche e le principali vie di trasporto</p>

### 1.5.3 Previsione dei fabbisogni di carburante GNL

Esistono pochi studi sull'evoluzione del fabbisogno di carburante GNL su scala nazionale. A seconda delle fonti considerate, è possibile stimare il consumo di carburante GNL nella regione PACA entro il 2030 tra le ~40.000 t e le ~80.000 t.

L'associazione europea NGVA<sup>11</sup> prevede per i veicoli pesanti un tasso di introduzione dei motori a metano (gas naturale per veicoli) fino al 25% nel 2030. Ipotizzando un 50% di motori a GNC e un 50% di motori a GNL, il tasso di introduzione dei motori adibiti a GNL tra gli automezzi pesanti risulterebbe pari al 12,5%, ovvero un consumo di circa 43.000 t di GNL nella regione PACA. Di seguito sono sintetizzati i passaggi per la stima del valore menzionato:

<sup>11</sup> Natural & Bio Gas Vehicle Association

- tasso di nuovi trattori stradali con motori adibiti a GNL entro il 2030: 12,5%:
- traffico merci stabile nei prossimi 10 anni
- consumo medio di gasolio dei trattori stradali da 44 t: 32 l/100km
- percorrenze nella regione PACA: 1137 milioni di km
- percorrenze nella regione PACA dei trattori stradali da 44 t a GNL: 142 milioni di km (12,5% x 1137 Mkm):
- consumo stimato di GNL: 42,6 kt

Dal canto suo, l'associazione AFGNV<sup>12</sup> prevede di mettere in circolazione in Francia 220.000 automezzi pesanti a GNC entro il 2030. Considerando una quota del 30% di trattori stradali tra gli automezzi pesanti (fonte: data.gouv.fr 2018) e ipotizzando un rapporto equilibrato di motori a GNC/GNL tra questi trattori stradali, il numero di trattori stradali da 44 t che funzioneranno a GNL entro il 2030 può essere stimato a 33.000 veicoli in Francia. Ciò corrisponde ad un consumo di circa 80.000 t di GNL nella regione PACA. Di seguito sono sintetizzati i passaggi per la stima del valore menzionato:

- numero complessivo di trattori stradali da 44 tonnellate: 33000;
- percorrenze annuali: 3800 milioni di km,
- consumo medio di gasolio dei trattori stradali da 44 t: 32 l/100km
- consumo GNL su scala nazionale: 1,14 Mt;
- percentuale di consumo nella regione PACA: 7%;
- consumo di GNL nella regione PACA entro il 2030: 80.000 tonnellate.

Per quanto riguarda il numero di stazioni di GNL necessarie al soddisfacimento della domanda di GNL, ipotizzando:

- un tasso di utilizzo medio del 50% per una stazione di GNL (per una capacità totale di 5000 t/anno per stazione), cioè la fornitura di 2500 t/anno di GNL per stazione;
- un fabbisogno di carburante GNL compreso tra 40 kt e 80 kt nella regione PACA,

il numero di stazioni di GNL necessarie nella regione PACA è compreso tra 17 e 34 (rispetto alle 3 stazioni attuali).

---

<sup>12</sup> Association Française du Gaz Naturel Véhicules

### 1.5.4 Approvvigionamento delle isole

Uno degli usi di GNL è l'approvvigionamento (o la produzione) in zone in cui non è possibile il collegamento alle reti nazionali dell'elettricità e del gas. Questo è il tipico caso di alcune isole. La Corsica, ad esempio, è una zona non interconnessa (ZNI) alla rete elettrica continentale. È anche il primo territorio francese ad aver adottato, a partire dal 2015, un programma pluriennale energetico (PPE) che prevede l'approvvigionamento di gas naturale dell'isola e la necessità di garantire la fornitura energetica della Corsica. Entro il 2023, il PPE prevede la conversione delle due centrali termiche della Corsica (centrale di Lucciana a nord-est e centrale di Ajaccio a sud-est dell'isola) in una centrale a gas a ciclo combinato (CCGT) con una capacità di circa 250 MW funzionante a gas naturale. Questa scelta risponde sia all'esigenza di rinnovare la vecchia centrale di Ajaccio, che attualmente funziona a olio combustibile pesante, sia alle esigenze di base e di punta dell'isola, che sono molto orientate verso le energie rinnovabili. Il gas necessario per l'approvvigionamento di queste centrali elettriche verrebbe trasferito sotto forma di GNL dai terminali di Fos.

Per le isole della regione PACA non esistono attualmente catene di approvvigionamento energetico attive o pianificate su base GNL.

### 1.5.5 Soluzioni mobili per la generazione di energia per le navi ormeggiate

Nel 2020, il 20% della popolazione francese è esposto all'inquinamento atmosferico, responsabile di circa 67.000 morti premature nel paese. Gli abitanti delle aree portuali più importanti sono tra quelli esposti all'inquinamento da fumo dei transatlantici e dei traghetti all'ormeggio. L'inquinamento atmosferico è diventato un vero problema di salute. Nel 2019, la regione PACA ha lanciato un piano da 30 milioni di euro per elettrificare le banchine di Marsiglia, Nizza e Tolone, con l'obiettivo di eliminare tutte le emissioni atmosferiche. Questi investimenti riguarderanno sia l'infrastruttura del porto (installazione di trasformatori di tensione, convertitori di frequenza Hertz e un quadro elettrico dotato di dispositivi di sicurezza) che le navi.

Tuttavia, le soluzioni mobili di GNL possono essere utilizzate nella fase di transizione o se ragioni tecniche impediscono la completa elettrificazione delle banchine. La prima di queste soluzioni è un sistema a terra per l'alimentazione elettrica a GNL, sviluppato da Air Flow, che necessita di poco spazio in banchina. Consiste nel bruciare il GNL di una cisterna in gruppi elettrogeni passando attraverso una fase di rigassificazione del GNL e poi convertendo l'elettricità nel formato previsto per la nave (cfr. Grafico 9). Questa soluzione è adatta ai traghetti con una potenza fino a 2 MW. Per le navi da crociera, ad esempio, questa potenza non è sufficiente, ma si stanno studiando soluzioni, come la stazione galleggiante multifunzione sviluppata da Sofresid che sarebbe in grado di fornire 20 MW di potenza elettrica (oltre alla conversione di frequenza da 50Hz a 60Hz per le navi) e di assicurare il

bunkeraggio del GNL, la differenziazione selettiva e la raccolta dei rifiuti della nave senza intralciarne le operazioni commerciali (Figura 27).

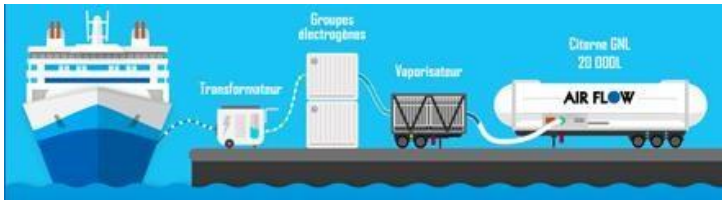


Figura 27 - La soluzione mobile di Air Flow (sn) - Chiatta multifunzione Sofresid (dx)

Un'alternativa consiste nel produrre energia elettrica in banchina a partire dall'idrogeno e da una pila a combustibile con una potenza da 1 a 2 MW (per la quale è attualmente in corso uno studio della Camera di Commercio del Var). Il costo e la realizzazione di una soluzione di questo tipo rimangono nettamente superiori a quelli previsti per le soluzioni GNL.

Possiamo immaginare uno scenario basso a 0, in cui l'elettrificazione avverrebbe tramite allacciamento alla rete ENEDIS o tramite soluzioni mobili a idrogeno. In uno scenario ottimistico, il GNL assicurerebbe la fornitura di alcuni degli scali nei porti della regione, in particolare a Nizza. Partendo da una cifra approssimativa di soli 400 scali all'anno per tutti i porti riuniti insieme, con il consumo di un serbatoio ciascuno, otterremmo 400 serbatoi da 20 tonnellate, cioè 8 ktpa.

## 1.6 Distribuzione del GNL nella rada di Tolone

L'area del Mediterraneo che va dal Golfo di Lione al Mar Ligure è costellata da infrastrutture GNL (Figura 28). In particolare, i due terminali FOS TONKIN e FOS CAVAOU localizzati nella regione PACA sono le fonti di approvvigionamento preferite per rifornire Tolone.

I siti sono dotati di:

- Baie di distribuzione che consentono il carico di autobotti, con una capacità totale di 400.000 tonnellate all'anno, attualmente utilizzate al 30%.
- Sistemi per il carico di piccole metaniere o navi bunker.

Per ora, nessuno dei 2 siti è collegato direttamente alla rete ferroviaria anche se il sito di Fos Tonkin è operativamente predisposto al collegamento indiretto alla ferrovia per mezzo di container ISO carichi presso la piattaforma multimodale posizionata vicino al sito.

Gli altri terminali GNL più vicini si trovano a Barcellona e Cartagena in Spagna e a Panigaglia in Italia. In caso di approvvigionamento via ferrovia, si possono prendere in considerazione altre località.

	Fos Tonkin	Fos Cavaou	Totale
<b>Capacità<sup>13</sup></b>	36 slot al giorno su 2 baie di carico ovvero 190.000 t/anno	40 slot al giorno su 2 baie di carico ovvero 210.000 t/anno*	400.000 tonnellate
<b>Tonnellaggio (2019)</b>	11.000 tonnellate	8.000 tonnellate	119.000 tonnellate
<b>Tasso di utilizzo (2019)</b>	60%	4%	30%

Tabella 11 - Capacità e tasso di utilizzo dei terminali nella regione PACA<sup>14</sup>

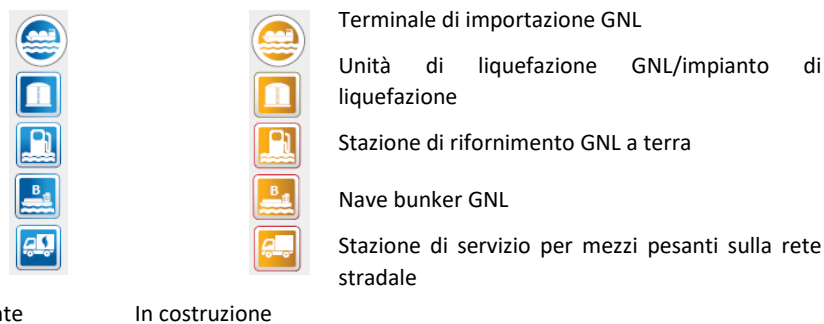


Figura 28 - Mappa delle infrastrutture GNL (2018) estratta dalla mappa di Gas Infrastructure Europe

<sup>13</sup> Calcolata su 250 giorni di attività all'anno.

<sup>14</sup> EMSA. (2018) Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations

### 1.6.1 La filiera del GNL dal terminale metanifero alla nave

Il bunkeraggio del combustibile può avvenire via terra tramite autobotti o via mare tramite navi bunker. L'approvvigionamento di GNL può avvenire anche tramite liquefazione dalla rete di distribuzione del gas e via ferrovia.

La Figura 29 riassume la filiera del GNL da un terminale metanifero fino a una nave bunker con un eventuale stoccaggio locale intermedio.

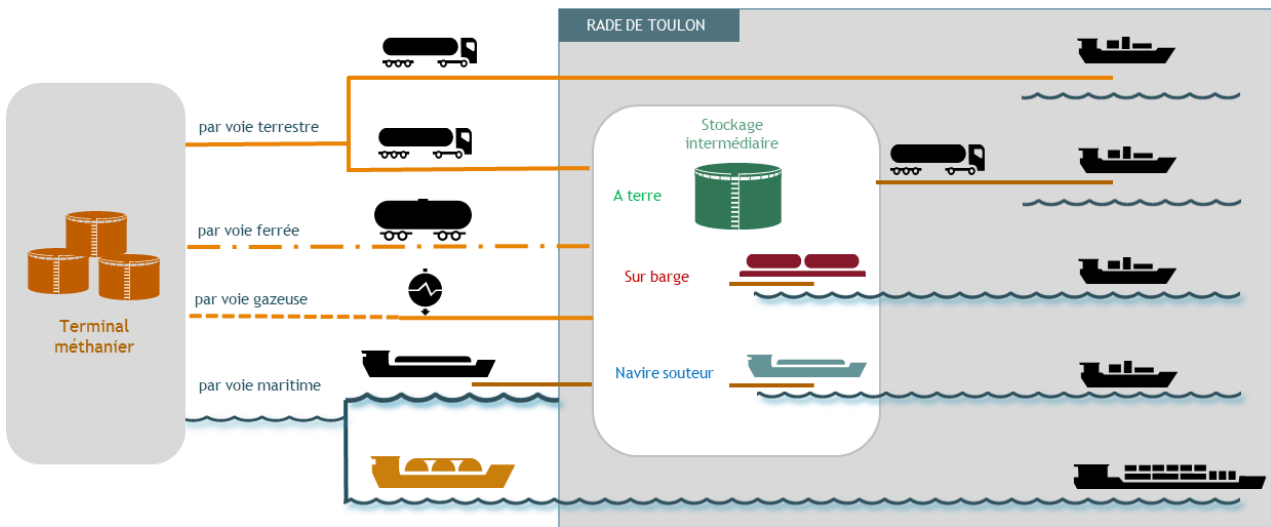


Figura 29 - Riepilogo delle possibili catene di bunkeraggio

Le operazioni di rifornimento possono avvenire

- sul molo;
- con una nave

La prima categoria di bunkeraggio è la più comune per le navi commerciali ed è fortemente vincolante, in quanto impone il trasferimento di determinati volumi entro un certo periodo di tempo. Paradossalmente, questo vincolo riguarda in particolare le navi con i bunker di carburante più grandi.

L'EMSA ha classificato i vari bunkeraggi in base al tipo di nave:

Tipo di nave (nave ricevente)	Capacità bunker m <sup>3</sup>	Flusso m <sup>3</sup> /h	Durata	Diametro tubi o bracci di carico	Modalità di bunkeraggio adatta
Imbarcazioni di servizio, rimorchiatori, pescherecci e motovedette	50	60	45 min	2x2" o 1x3"	TTS

Tipo di nave (nave ricevente)	Capacità bunker m <sup>3</sup>	Flusso m <sup>3</sup> /h	Durata	Diametro tubi o bracci di carico	Modalità di bunkeraggio adatta
Navi ro-ro e ro-pax di piccole dimensioni	400	400	1 h	2x4" o 1x6"	TTS/STS
Navi ro-ro e ro-pax di medie dimensioni	800	400	2 h	2x4" o 1x6"	STS
Navi da carico, portacontainer e mercantili di piccole dimensioni	da 2.000 a 3.000	1.000	da 2 a 3 h	2x8" o 1x12"	STS
Navi mercantili di medie dimensioni	4.000	1.000	4 h	2x8" o 1x12"	STS
Navi cisterna, portarinfuse e portacontainer di medie dimensioni	10.000	2.500	4 h	2x10"	STS/PTS
Navi cisterna e portacontainer di grandi dimensioni	20.000	3.000	7 h	2x12"	STS/PTS

Tabella 12 -Indicazione del volume di bunkeraggio GNL tipico per categoria di nave

Con un fabbisogno di circa 1.800-4.000 m<sup>3</sup>, le navi da crociera rientrano nella categoria dei mercantili di piccole dimensioni per cui è preferibile il bunkeraggio STS.

Nel resto del documento, e per semplificare, una tonnellata di olio bunker corrisponde a 2 metri cubi di GNL.

Con olio si intendono i combustibili liquidi attualmente utilizzati. Il termine generico per tutti questi idrocarburi è combustibile marino convenzionale che comprende gli oli combustibili pesanti (HFO) e il gasolio marino leggero per motori diesel (DML), definizione che a sua volta raggruppa il gasolio marino (MGO) e i combustibili a basso tenore di zolfo (LSFO).

## 1.6.2 Il bunkeraggio di combustibili marini nella rada di Tolone

Nella rada di TOLONE i combustibili marini convenzionali vengono utilizzati principalmente per:

- i traghetti di CORSICA FERRIES, riforniti da petroliere della compagnia MARITIMA provenienti da Fos (olio combustibile pesante e gasolio marino leggero)
- le navi posacavi ORANGE MARINE, le navi da ricerca IFREMER e le navi di servizio rifornite da autobotti (combustibili marini leggeri)

Le navi da crociera e ro-ro non vengono rifornite nel porto di TOLONE ma, per motivi per lo più commerciali che tecnici, nei porti capolinea. È molto improbabile che in futuro queste navi facciano rifornimento nel porto di TOLONE, con combustibili marini convenzionali o GNL.

Considerato il basso volume annuo di bunkeraggio rispetto ai traghetti, le navi da ricerca, le navi di servizio e le navi posacavi non vengono considerate per il passaggio al GNL.

	Nave (volume di combustibile stoccato) (anno di costruzione)	Tipo di combustibile	Quantità di tonnellate	in N. di navi rifornite	Quantità media per nave in tonnellate
IFREMER	Tethys (30 m <sup>3</sup> ) (1993)	DML	22	2	11
	Atalante (580 m <sup>3</sup> ) (1989)	DML	0	0	0
	Pourquoi Pas (1233 m <sup>3</sup> ) (2005)	DML	0	0	0
	Europe (32 m <sup>3</sup> ) (1993)	DML	37	3	12
	Antea (73 m <sup>3</sup> ) (1995)	DML	80	2	40
	Thalassa (460 m <sup>3</sup> ) (1996)	DML	223	1	223
<b>TOTALE</b>			<b>362</b>	<b>8</b>	

Tabella 13 - Quantità rifornite tramite autobotti per le navi da ricerca IFREMER

I dati relativi al bunkeraggio nel porto di Tolone sono stati forniti dalla capitaneria e fanno riferimento al 2019, anno di riferimento dello studio.

Data	Nave da rifornimento	N. di navi rifornite	DML in tonnellate	Olio combustibile pesante in tonnellate	Olio combustibile pesante per nave in tonnellate
03/01/2019	CAP SICIE	4	185	2200	550
16/01/2019	CAP SICIE	4	185	2190	548
18/02/2019	CAP SICIE	4	185	2375	594
01/03/2019	CAP SICIE	4	185	1795	449
19/03/2019	CAP SICIE	4	185	2640	660
03/04/2019	CAP AIGUADES	4	185	2145	536
18/04/2019	CAP AIGUADES	4	0	2415	604
25/04/2019	CAP SICIE	5	185	2850	570
02/05/2019	CAP AIGUADES	4	125	1630	408
14/05/2019	CAP AIGUADES	5	185	2370	474
23/05/2019	CAP SICIE	6	185	2675	446
31/05/2019	CAP AIGUADES	6	185	2800	467
06/06/2019	CAP AIGUADES	6	185	2280	380
13/06/2019	CAP SICIE	6	102	2900	483
26/06/2019	CAP PINEDE	1	0	1060	1060
02/07/2019	CAP SICIE	6	163	2852	475
09/07/2019	CAP SICIE	6	130	2875	479
16/07/2019	TATIANA B	6	110	2900	483
23/07/2019	TATIANA B	6	90	2900	483
30/07/2019	TATIANA B	6	115	2900	483



Data	Nave da rifornimento	N. di navi rifornite	DML in tonnellate	Olio combustibile pesante in tonnellate	Olio combustibile pesante per nave in tonnellate
06/08/2019	CAP AIGUADES	6	80	2900	483
11/08/2019	CAP AIGUADES	6	0	2244	374
15/08/2019	CAP AIGUADES	6	150	2900	483
21/08/2019	CAP AIGUADES	4	48	2700	675
27/08/2019	CAP SICIE	6	150	2900	483
03/09/2019	CAP AIGUADES	6	110	2900	483
10/09/2019	CAP AIGUADES	6	185	2900	483
18/09/2019	CAP AIGUADES	6	185	2760	460
26/09/2019	CAP AIGUADES	5	0	2420	484
05/10/2019	CAP AIGUADES	4	185	1970	493
17/10/2019	TATIANA B	5	185	2770	554
12/12/2019	CAP PINEDE	4	130	2385	596
18/12/2019	CAP SICIE	4	0	2050	513
<b>Totale</b>		<b>165</b>	<b>4278</b>	<b>82551</b>	

Tabella 14 - Bunkeraggi effettuati per i traghetti nel 2019 (provenienza FOS)

Va notato che la frequenza di rifornimento dei traghetti nel corso dell'anno è in media di 11 giorni con una variazione di 4 giorni minimo intorno al 15 agosto e 56 giorni massimo a novembre. La quantità media unitaria stivata è di circa 500 tonnellate.

Per i traghetti è stato preso in considerazione solo l'olio combustibile pesante perché il combustibile marino leggero rappresenta in media solo il 5% circa dei bunkeraggi e in parte è destinato ai generatori ausiliari. Tutti i generatori ausiliari non verranno sostituiti in caso di passaggio al GNL.

Alcuni numeri rilevanti:

- Il **90% dei rifornimenti viene effettuato a TCA**: 74.250 tonnellate di olio combustibile pesante
- Il 10% dei rifornimenti viene effettuato a Brégaillon o a Mole Armement di La Seyne-sur-Mer (durante l'attracco): 8.250 tonnellate di olio combustibile pesante, di cui 4.250 tonnellate a Brégaillon e 4.000 tonnellate a Mole Armement, La Seyne-sur-Mer.
- La CORSICA FERRIES rifornisce 8 navi
- Le navi addette al servizio di pilotaggio nel 2019 hanno consumato in totale 48 tonnellate di DML, rifornito da 50 autobotti nel corso dell'anno;

- Le navi addette al servizio di ormeggio nel 2019 hanno consumato in totale 8,5 tonnellate di DML, rifornito da 24 autobotti nel corso dell'anno;
- Il valore totale è quindi di 56,5 tonnellate per le navi di servizio.
- Le navi portacavi ORANGE MARINE nel 2019 sono state rifornite 8 volte per un consumo totale di 1.212 tonnellate di DML. La quantità media rifornita è di 152 tonnellate.

In Figura 30 è riportata la distribuzione dei bunkeraggi nei vari trimestri del 2019.

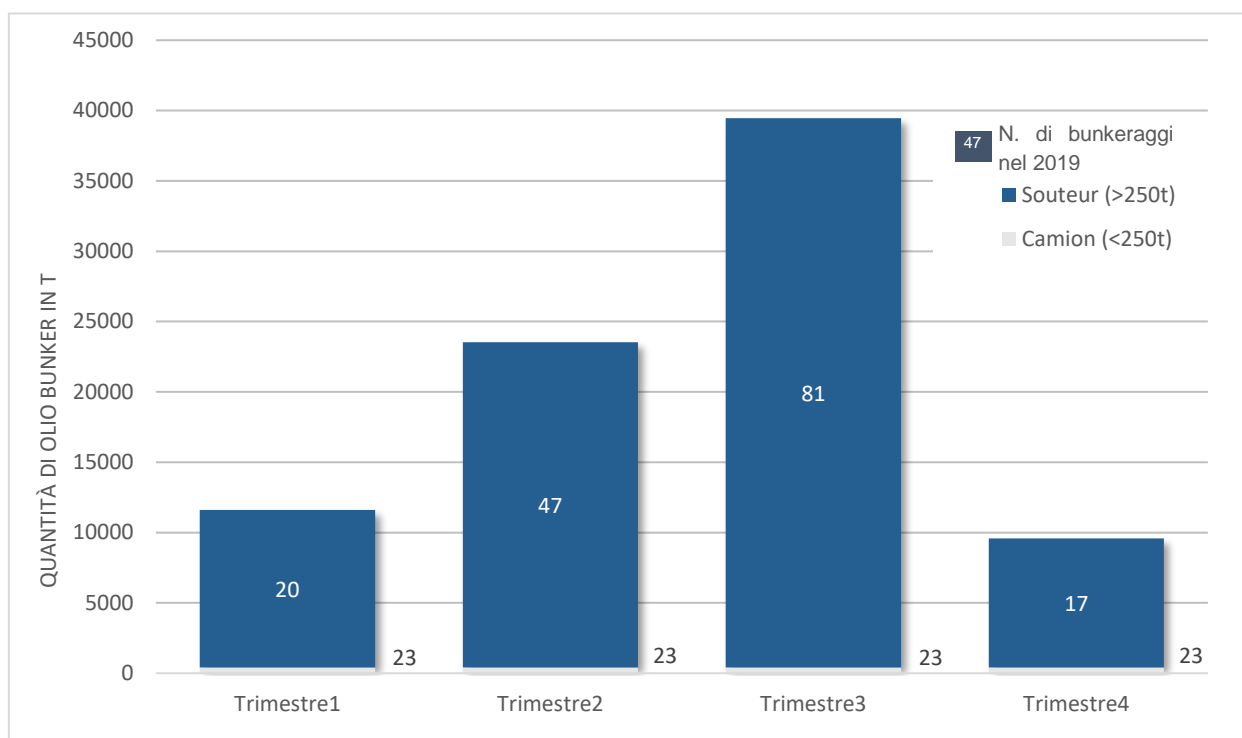


Figura 30 - Distribuzione dei bunkeraggi in tonnellate nel 2019

Logicamente, la maggiore frequenza dei traghetti durante l'estate comporta un picco nei volumi di bunkeraggio in questo periodo. I volumi elevati del terzo trimestre sono da tenere sotto controllo e verranno trattati più avanti in questo studio. La quantità di combustibile marino leggero rifornito tramite autobotti durante l'anno è bassa.

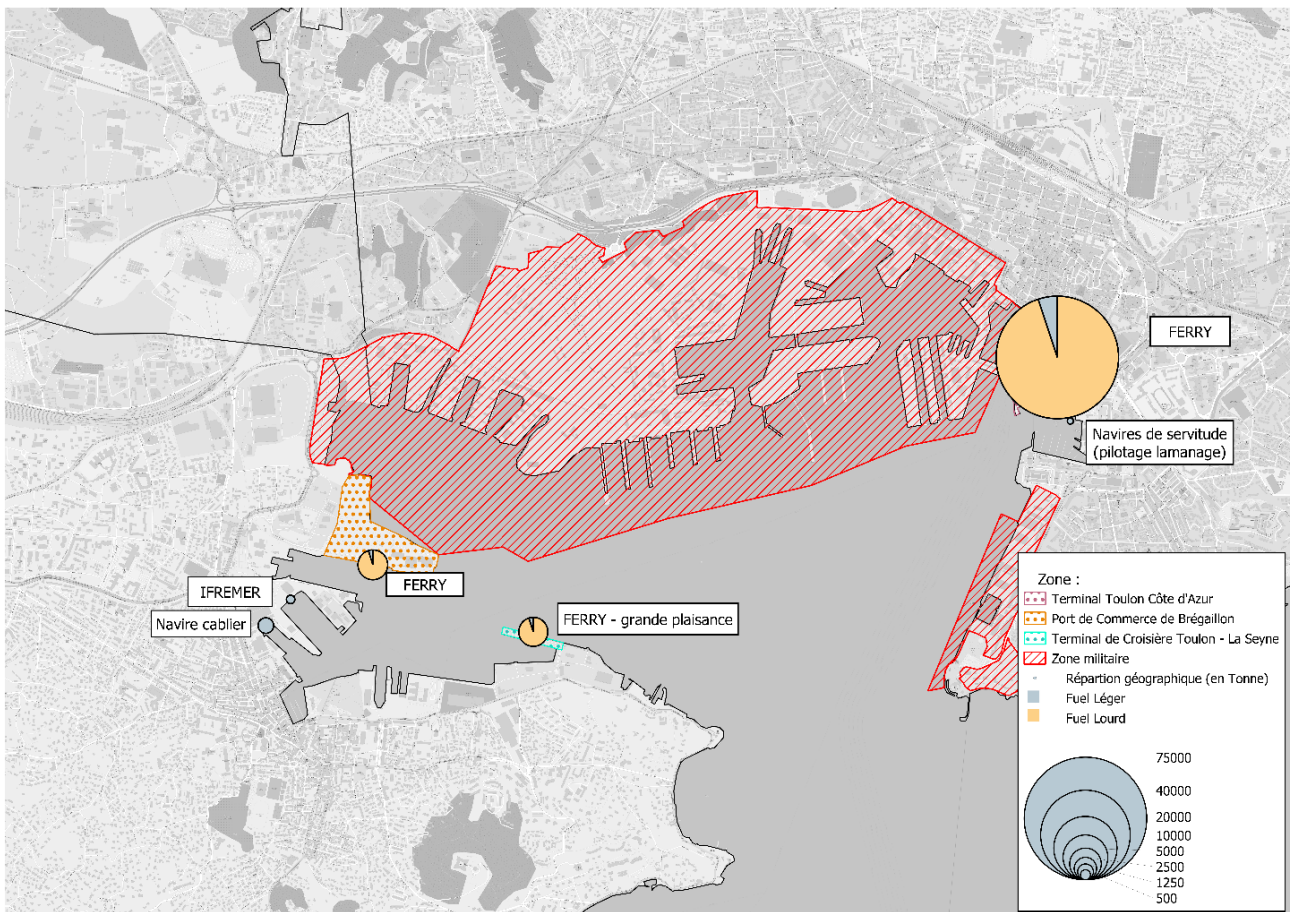


Figura 31 - Distribuzione geografica dei bunkeraggi nel 2019

### 1.6.3 Il bunkeraggio di GNL

Ad oggi nel porto di Tolone non si effettuano bunkeraggi di GNL ma è in corso uno studio dei rischi nel caso in cui una nave alimentata a GNL sia ormeggiata in porto così come previsto dal Code de l'environnement.

Ai fini del bunkeraggio di GNL e dell'eventuale stoccaggio nel porto di Tolone, sarà necessario fare riferimento a tale studio per tener conto degli ulteriori rischi connessi nonché delle interazioni con gli altri impianti del porto, in particolare gli ICPE. Tali rischi dovranno essere valutati sulla base del raggio di pericolo (entità dei danni) e della probabilità che si verifichino gli scenari analizzati.

Oltre ai requisiti europei, la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) ha esaminato la questione delle norme e delle leggi da applicare alle diverse tipologie di

impianti GNL. Una nota dedicata al bunkeraggio di GNL delle navi<sup>15</sup> offre un'analisi del quadro normativo per questo tipo di impianti.

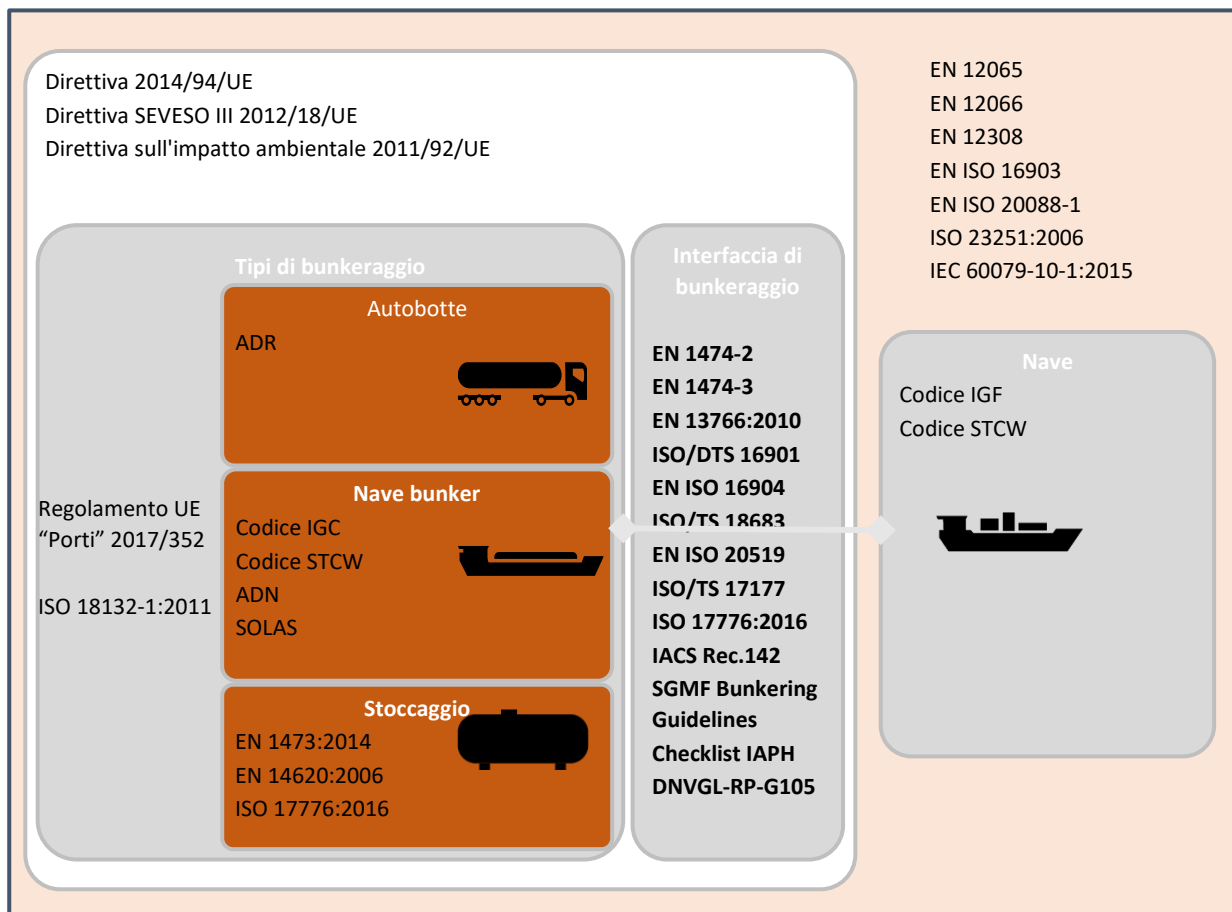


Figura 32 - Schema delle norme europee per un'infrastruttura GNL

In particolare si afferma quanto segue:

- Qualsiasi oggetto galleggiante e idoneo a navigare è soggetto alle norme internazionali dell'IMO.
- L'utilizzo e le ispezioni sono soggetti alle autorità marittime che ne verificano la conformità. In questo contesto, la nave non costituisce di per sé un impianto ICPE.
- Qualsiasi bettolina senza equipaggio permanente né mezzo di propulsione deve essere oggetto di un fascicolo ICPE.

<sup>15</sup> Direction Générale de la Prévention des Risques. (2014) Note relative à la réglementation applicable aux installations pour l'avitaillement des navires en GNL

- Le unità di stoccaggio FSU eventualmente ancorate in mare aperto sono soggette a esame caso per caso.
- Qualsiasi deposito di stoccaggio a terra deve essere conforme alle norme per gli ICPE con i necessari studi dei rischi e l'integrazione nel Plan de Prévention du Risque Technologique (PPRT).
- Le autobotti devono rispettare le norme per il trasporto su strada.

Di conseguenza, solo le soluzioni di bunkeraggio che utilizzano i mezzi elencati di seguito saranno degli impianti ICPE per i quali è necessario depositare un fascicolo di registrazione o autorizzazione a seconda delle capacità implementate:

- Bettolina ancorata senza equipaggio né propulsione;
- Unità di stoccaggio galleggiante (FSU);
- Deposito di stoccaggio a terra.

Gli altri mezzi di bunkeraggio verranno esaminati in fase di revisione dello studio dei rischi del porto.

#### 1.6.4 Normativa portuale

Il transito e la movimentazione di merci pericolose nei porti sono soggetti al Règlement pour le transport et la manutention des marchandises dangereuses dans les ports (RPM). Per Tolone, il regolamento RPM trova attuazione nel Règlement local pour le transport et la manutention des marchandises dangereuses (RLMD), norma che tiene conto delle specificità del porto.

Il porto commerciale di Tolone-La Seyne inoltre è soggetto a un regolamento speciale di polizia emanato con decreto prefettizio n. 2017-104.

Ai fini delle operazioni di bunkeraggio di GNL, è necessario tener conto dei suddetti regolamenti, e in particolare dei punti seguenti:

- Checklist per il bunkeraggio tramite autobotti e navi basate sulle raccomandazioni dell'IAPH<sup>16</sup>. Queste checklist dovranno essere disponibili nel regolamento del porto.
- Ogni operatore deve essere autorizzato dall'autorità portuale.

---

<sup>16</sup> Checklist IAPH - Checklist per: Truck-to-Ship, Ship-to-Ship, Port-to-Ship

### 1.6.5 Volumi previsti di GNL

Sulla base della documentazione prodotta in SIGNAL<sup>17</sup> sono state estrapolate le seguenti proiezioni per i prossimi 10 anni:

- Scenario pessimistico: il consumo di GNL si limiterebbe alle navi già ordinate senza un ulteriore sviluppo:
- CMA CGM: 9 navi portacontainer (9x30 kt l'anno) a Marsiglia;
- Corsica Linea: 1 traghetto (~11 kt l'anno) a Marsiglia.

Per quanto riguarda le navi da crociera, il bunkeraggio verrebbe effettuato a Barcellona invece che nella regione meridionale.

Secondo lo scenario pessimistico di questi documenti, non ci saranno sbocchi per il GNL nella rada di TOLONE nei prossimi 10 anni.

- Scenario ottimistico: il consumo di GNL sarebbe di 200 kt l'anno in più rispetto al consumo dell'anno precedente per Marsiglia, **Tolone**, Sète e Nizza e corrisponderebbe al:
- bunkeraggio di un ulteriore traghetto all'anno (+11 kt/anno<sup>18</sup>);
- bunkeraggio di un'ulteriore nave di linea ogni 3 anni (+30 kt/anno<sup>19</sup>).

La quota del porto di Tolone riguarderebbe solo una parte dei nuovi traghetti a GNL nell'arco del decennio. Il capitolo seguente descrive in dettaglio la probabile evoluzione del bunkeraggio di GNL nella rada di TOLONE in questo scenario.

---

<sup>17</sup> Livrable T 3.5.1 – Définition du modèle de réseau de distribution GNL e Livrable T 3.2.1 - Phase I - Schéma du réseau de distribution et de transport du GNL sur le territoire

<sup>18</sup> 11 kt l'anno corrispondono a circa 24.000 m<sup>3</sup> di GNL all'anno

<sup>19</sup> 30 kt l'anno corrispondono a circa 65.300 m<sup>3</sup> di GNL all'anno

## 1.6.6 Itinerari del GNL per la rada di Tolone

Il percorso del GNL verso la rada di Tolone può avvenire in 4 modalità: via terra, via mare, via ferrovia, tramite gasdotto.

### 1.6.6.1 Il trasporto Via terra

Il GNL può essere trasportato sulla rete stradale dal terminale metanifero alla rada di Tolone tramite autobotti, utilizzabili anche per il bunkeraggio diretto delle navi o per alimentare un deposito di stoccaggio intermedio.

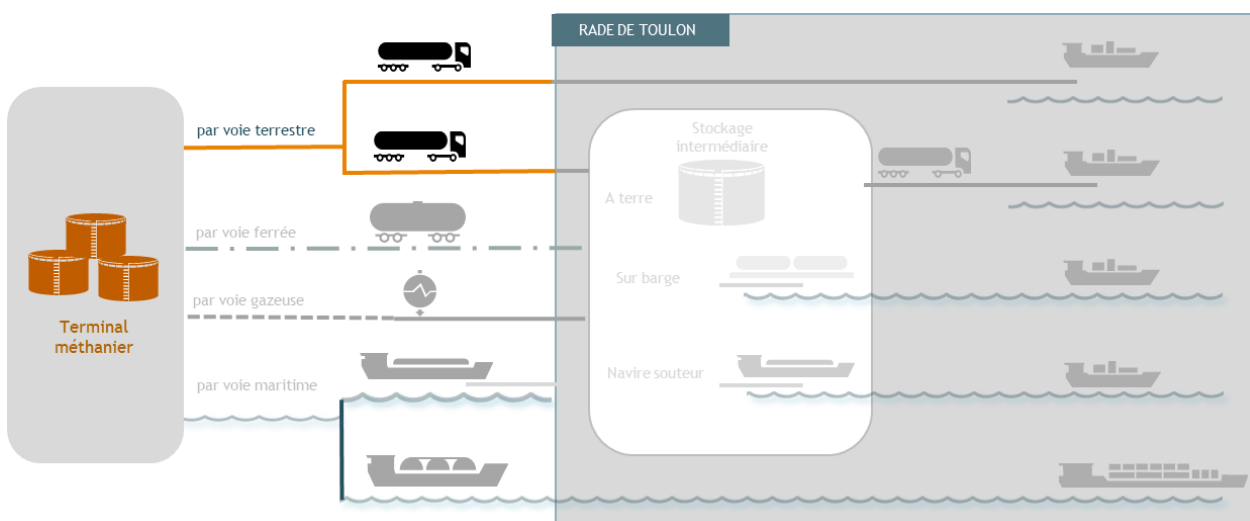


Figura 33 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via terra

Il trasporto su strada può avvenire a mezzo autobotte (Figura 34) o cisterna isolata standard, altrimenti detta container ISO (Figura 35).

Le autobotti hanno una portata nominale di 20-30 m<sup>3</sup> e i rimorchi di circa 50 m<sup>3</sup> mentre i container ISO hanno un volume di circa 20 m<sup>3</sup> per i modelli da 20' e circa 43 m<sup>3</sup> per i modelli da 40'.



Figura 34 - Autobotte e rimorchio per GNL



Figura 35 - Camion e container ISO per GNL

I container ISO consentono tra l'altro di stoccare il GNL per un periodo massimo di 1 mese e mezzo circa. Superato questo termine si raggiunge la pressione massima ammissibile del container a causa della naturale evaporazione del GNL.

I container ISO possono essere stoccati al porto di Brégaillon e poi trasportati, se possibile, su camion o bettolina fino al punto di consegna del GNL.

Per quanto riguarda gli itinerari stradali questi sono disponibili solo dai terminali di Fos Tonkin e Fos Cavaou attraversando Aix-en-Provence a nord, poiché la galleria Rocade L2 (A507) è vietata ai veicoli che trasportano merci pericolose.

L'itinerario da Panigallia (Italia) non è invece possibile per il divieto di transito delle merci pericolose sull'autostrada A8 tra il casello di Antibes e il confine italiano e nei trafori del Monte Bianco, di Fourvière e del Fréjus.



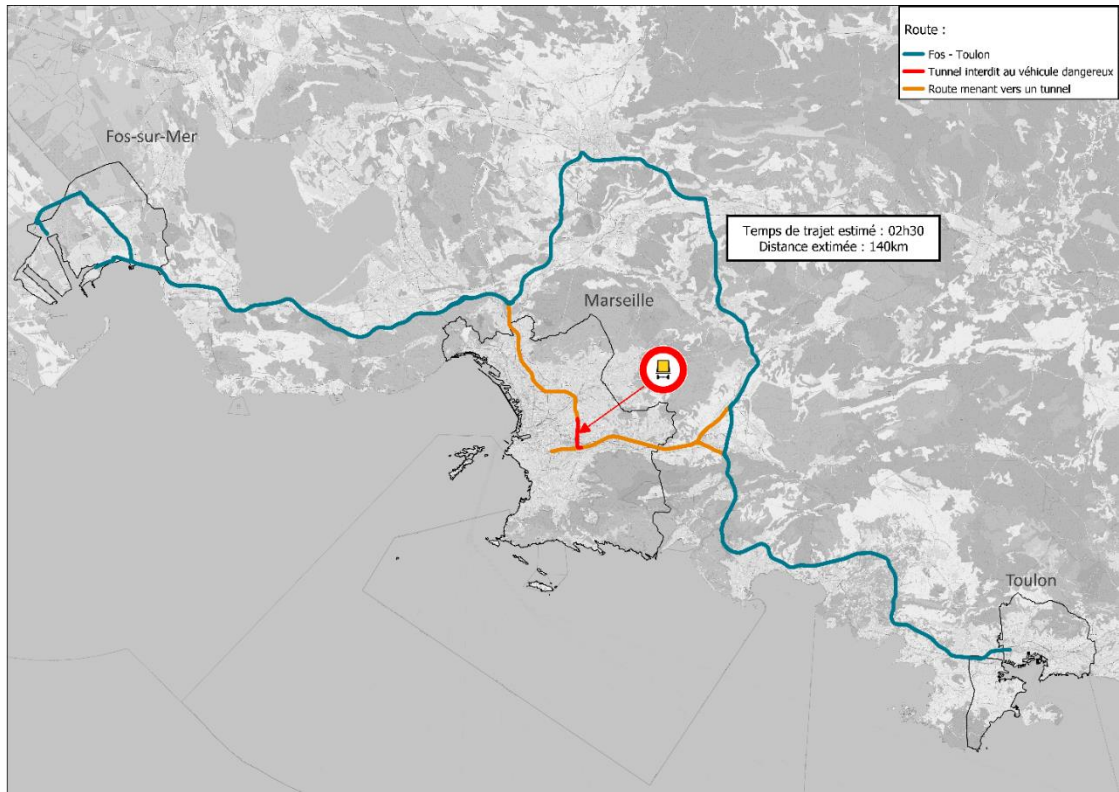


Figura 36 - Itinerario stradale da Fos Cavaou/Fos Tonkin alla rada di Tolone

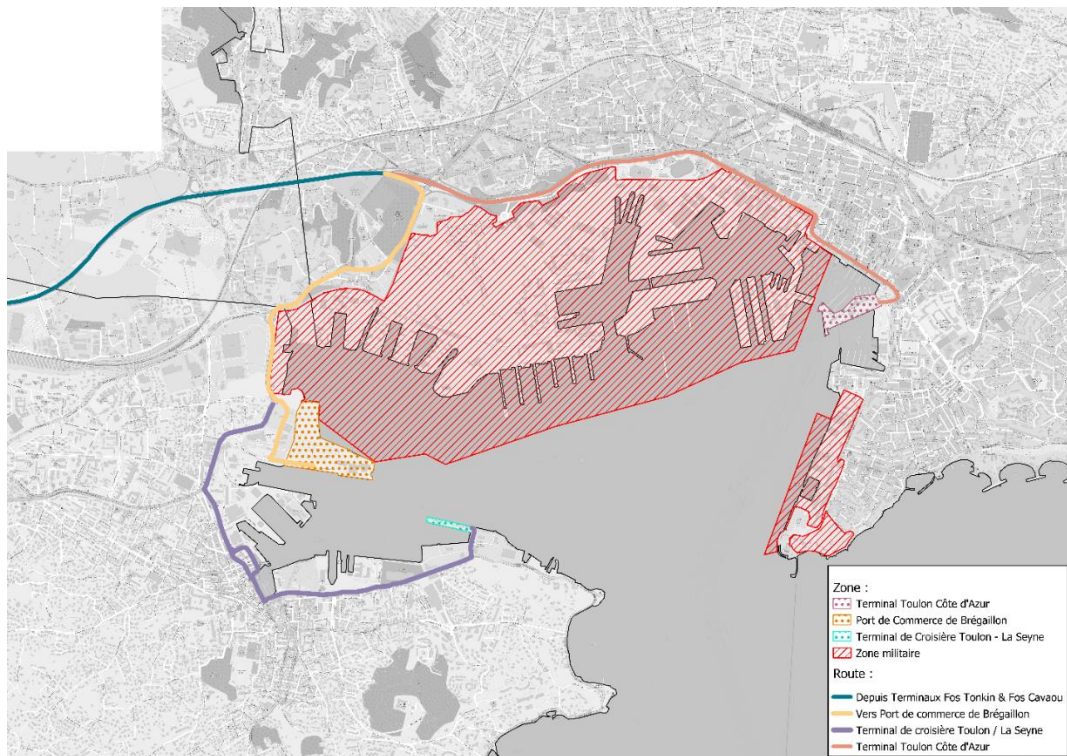


Figura 37 - Itinerario stradale nella rada di Tolone

### 1.6.6.2 Il trasporto via mare

L'approvvigionamento di Tolone via mare può avvenire dai terminal di Fos tramite metaniere o tramite navi bunker per il bunkeraggio diretto.

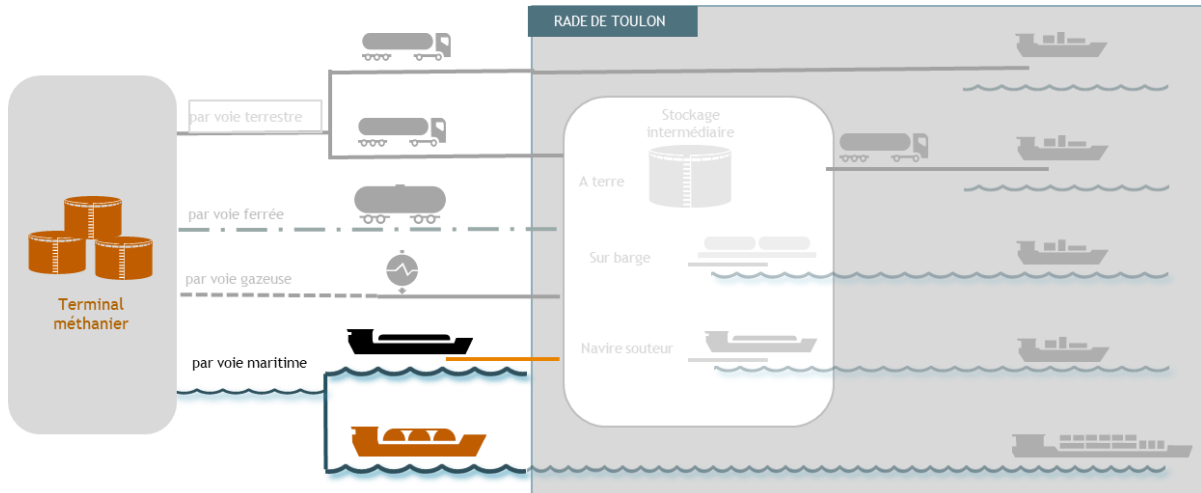


Figura 38 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via mare

Le metaniere più piccole hanno una portata di 20.000 m<sup>3</sup> e richiedono un'infrastruttura di scarico con stoccaggio, solitamente a terra, che viene utilizzata per volumi piuttosto grandi.

I bunker offshore sono metaniere con portata ridotta e in particolare permettono di trasferire il carico direttamente a bordo delle navi. Ecco un elenco di alcune navi bunker esistenti:

	Cardissa*	Coralius	ENGIE Zeebrugge	Coral Methane	Gas Agility
Operatori	Shell	Gasum	Engie/GDF Suez	Anthony Verder	MOL per Total
Capacità di stoccaggio in m <sup>3</sup>	6500	5800	5000	7500	18600
Lunghezza in m	120	100	107,6	117,8	135,5
Larghezza in m	20	18	18,4	18,6	24
Pescaggio in m	5,5	5,7	5	6	6,7

Tabella 15 - Dati tecnici delle principali navi bunker



Figura 39 - Esempi di navi bunker offshore

Alcune di queste navi hanno un contratto di approvvigionamento con un armatore specifico. È il caso, ad esempio, delle navi bunker per le portacontainer CMA CGM. Le navi bunker vengono noleggiate da Total Marine Fuel Global Solutions (TMFGS) e con un noleggio a lungo termine da Mitsui O.S.K. Lines Ltd. (MOL).

Il collegamento può essere fatto sia dai terminali di Fos Tonkin e FOS Cavaou (Francia) sia dal terminale di Panigaglia (Italia).

Il tempo di percorrenza dal Golfo di Fos è di circa 5 ore e 30 minuti di navigazione (75 miglia nautiche). Invece, il tempo di percorrenza dal Golfo di Panigaglia è di 27 ore di navigazione (370 miglia nautiche).

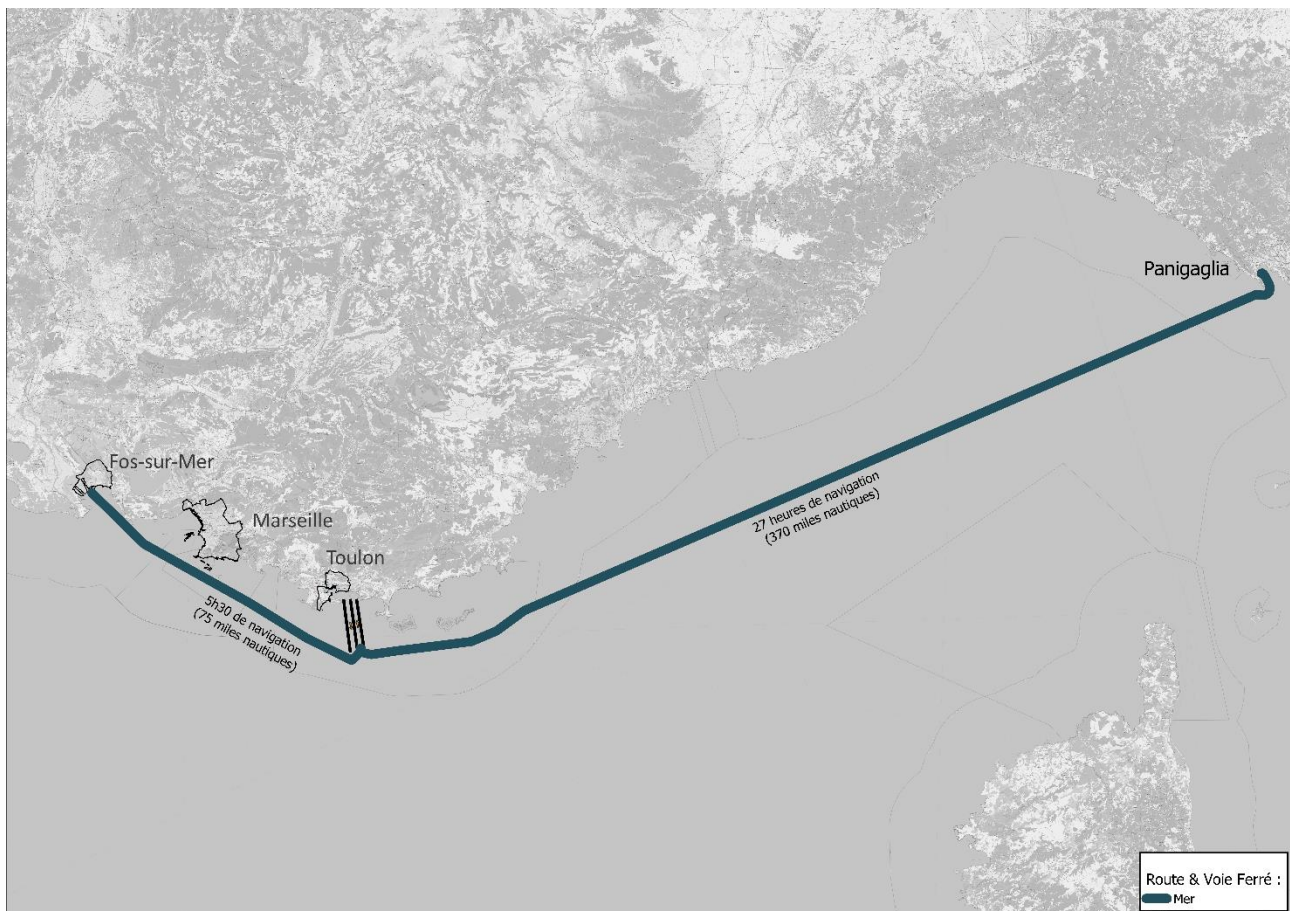


Figura 40 - Itinerario via mare dal Golfo di Fos/Panigaglia alla rada di Tolone

### 1.6.6.3 Il trasporto via ferrovia

Il trasporto del GNL via ferrovia può avvenire in vagoni appositi dotati di cisterna criogenica o in container ISO su carri merci standard.

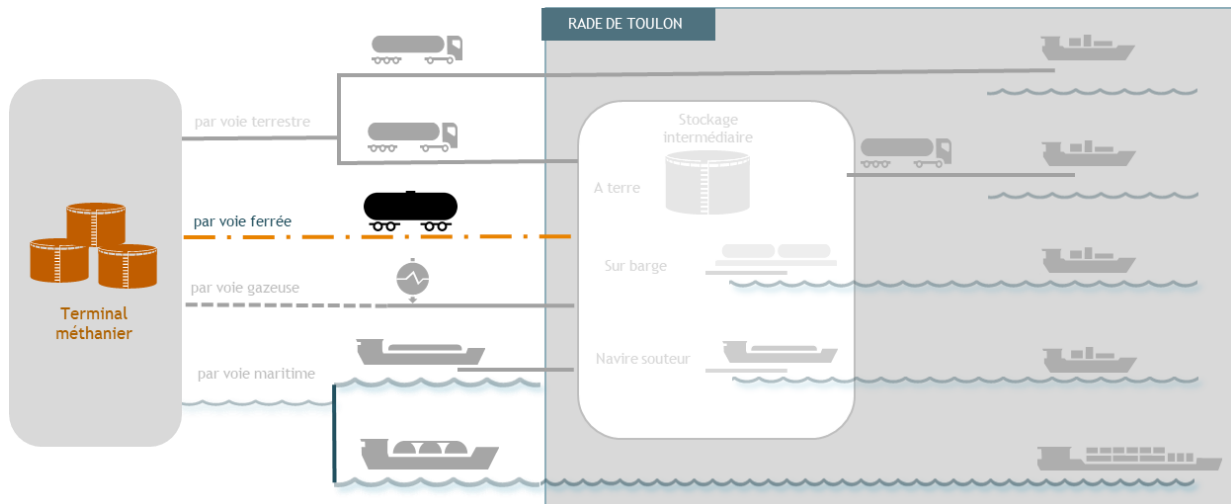


Figura 41 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via ferrovia

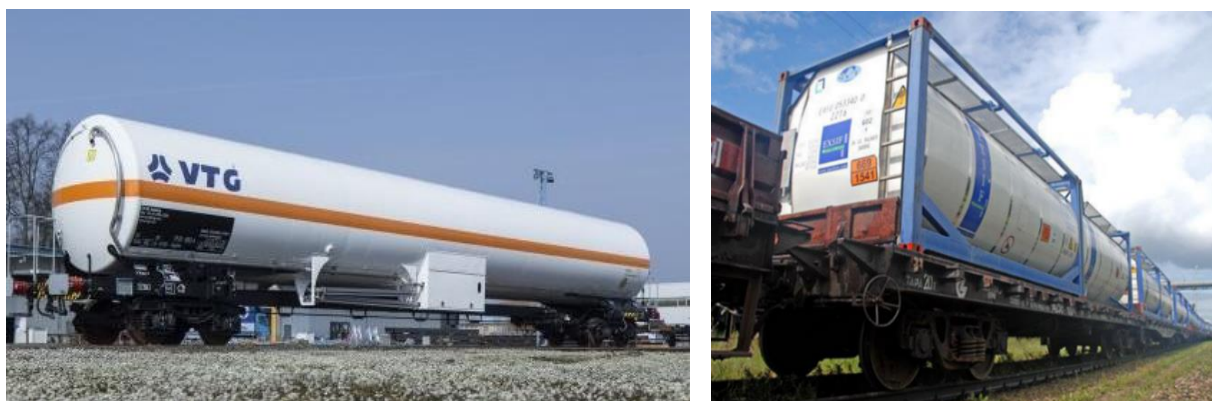


Figura 42 - Esempio di trasporto di GNL su ferrovia: carro cisterna per GNL o container ISO

Per il trasporto di GNL si preferisce ricorrere a container ISO criogenici su carro merci standard perché più comodi per trasferire il GNL dal treno a un camion. D'altro canto, questa è la modalità attualmente adottata al terminale di Fos TONKIN.

Un convoglio completo può trasportare circa 1.800 m<sup>3</sup> di GNL (circa 40 container ISO su un convoglio di 500 m).

Pur non essendoci binari per l'accesso diretto ai terminali di Fos Tonkin e Cavaou al terminale di FOS Tonkin, ELENGY può utilizzare le baie di carico per camion per poi mettere i container ISO su ferro. La cadenza standard è di un convoglio a settimana. Uno dei vantaggi del trasporto con container ISO è quello di poter utilizzare le piattaforme multimodali già presenti.

A Tolone invece è in corso il ripristino del collegamento ferroviario con il terminale di Brégaillon (porto commerciale di Tolone-La Seyne-sur-Mer), con la ripresa del servizio prevista per l'estate 2021.

Nel porto commerciale di Brégaillon, i container ISO per GNL potrebbero rifornire le navi commerciali che vi attraccano, come ro-ro, ro-pax o traghetti.



Figura 43 - Collegamento ferroviario da Fos Cavaou/Fos Tonkin alla rada di Tolone

1.6.6.4 Il trasporto via gasdotto

In questo caso viene utilizzata la rete di distribuzione del gas naturale con in più un'unità di liquefazione per ridurlo allo stato liquido. Il gas naturale potrebbe provenire da unità di metanazione per la valorizzazione della materia organica.

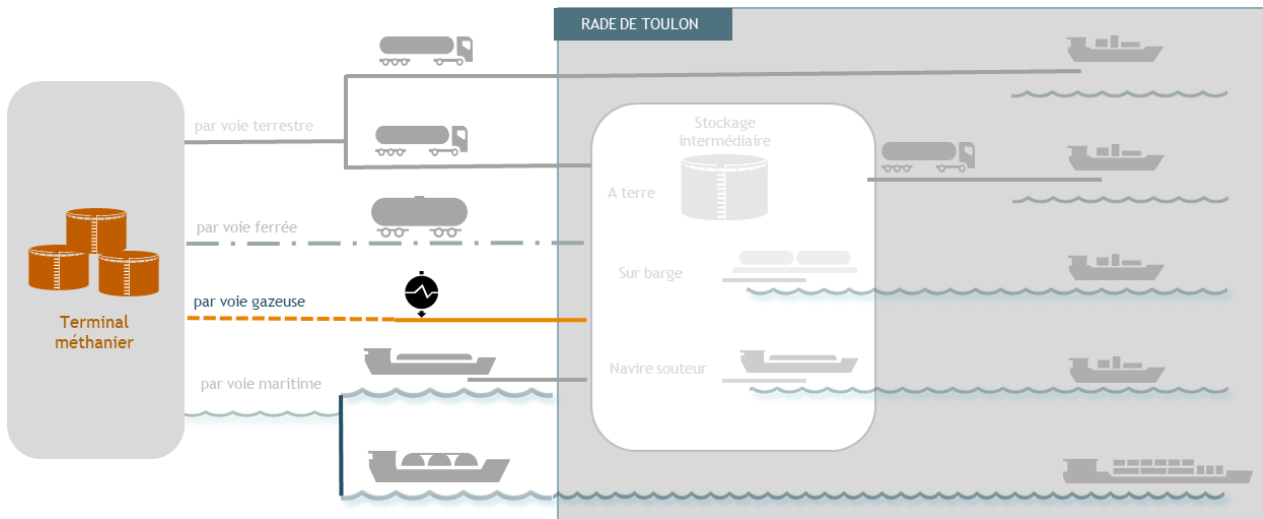


Figura 44 - Architettura della catena di approvvigionamento del GNL via gasdotto

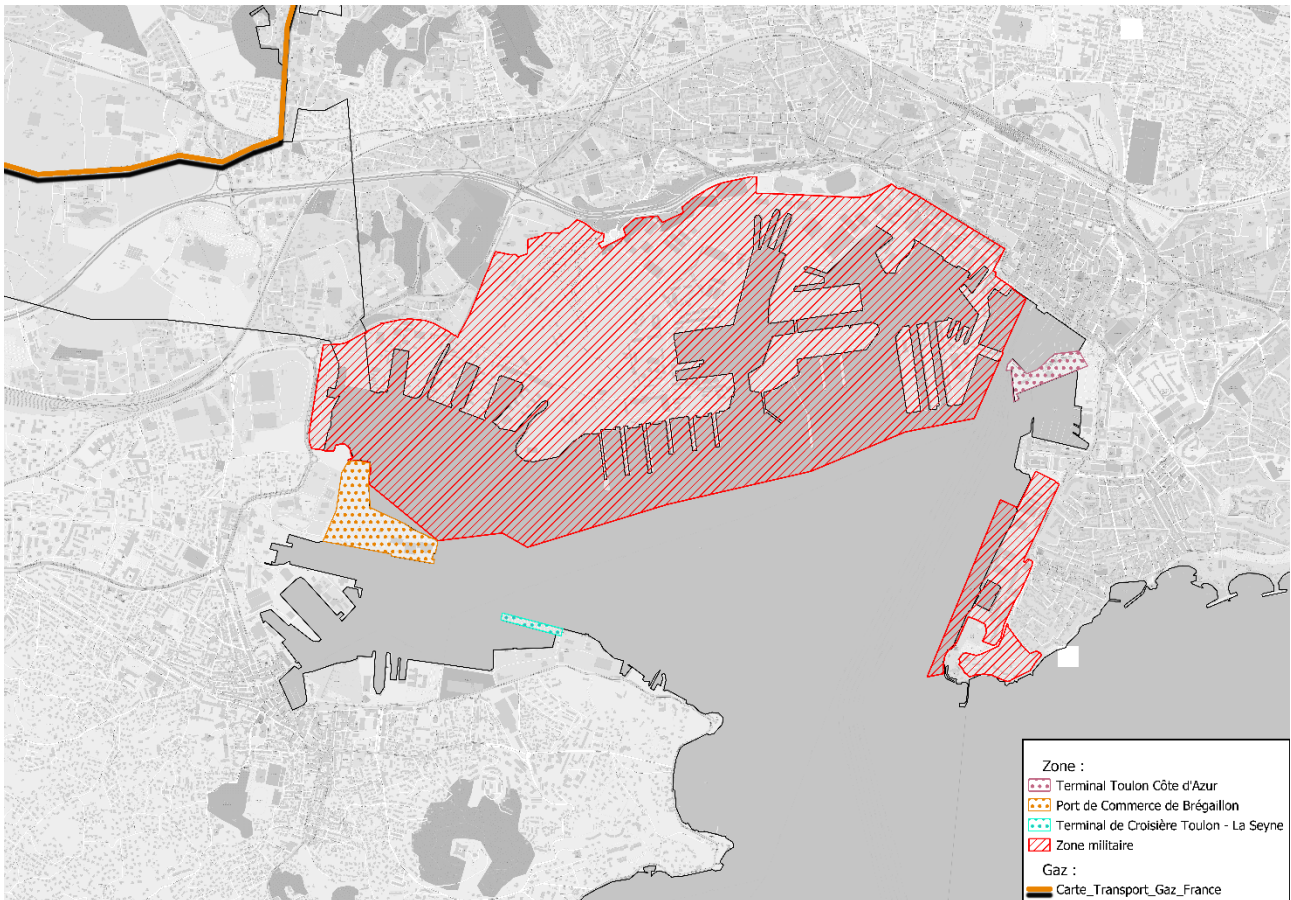


Figura 45 - Rete di distribuzione del gas

Le unità di liquefazione di piccola-media taglia portano il gas naturale allo stato liquido mediante vari processi di scambio termico. La capacità di liquefazione varia:

- da 2 a 50 tonnellate al giorno per un'unità piccola;
- da 100 a 800 tonnellate al giorno per un'unità media.

Questi impianti comprendono le seguenti unità principali:

- Pre-trattamento del gas
- Liquefazione
- Stoccaggio del GNL.

L'impronta di suolo della sola unità di liquefazione si aggira sui 1.000 m<sup>2</sup>, che è abbastanza importante. In parte è dovuta al tetraidrotiofene, la sostanza usata per odorizzare il gas, che ne impedisce la liquefazione dalla rete di distribuzione urbana. L'uso del biogas non richiede questa unità di trattamento, ma i volumi sono ben al di sotto del fabbisogno di combustibile marino. Inoltre bisogna tener conto della capacità di stoccaggio.

Il costo di un impianto di liquefazione con una capacità di 165 tonnellate (**360 m<sup>3</sup>**) al giorno è di circa 17 milioni di euro (opere civili e studi del suolo esclusi)

L'ordine di grandezza per le unità a terra è di **5,5 milioni di euro** per una produzione di 90 tonnellate (**200 m<sup>3</sup>**) al giorno.

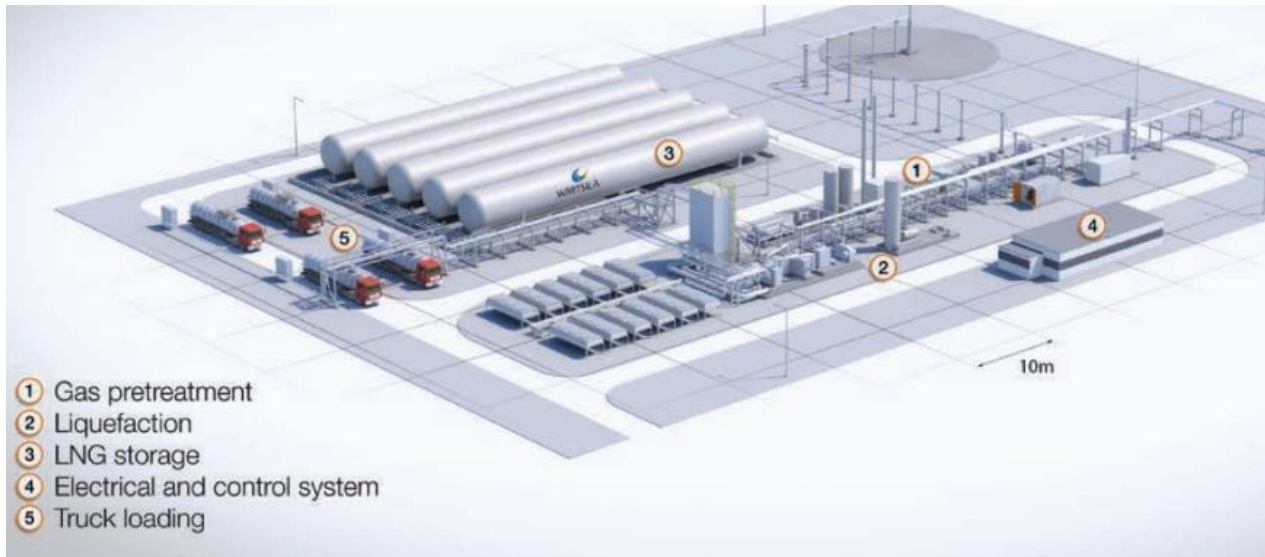


Figura 46 - Unità di liquefazione

#### 1.6.6.5 Lo stoccaggio intermedio

Lo stoccaggio intermedio consente di:

- Garantire un approvvigionamento costante durante eventuali picchi di domanda;
- Migliorare la logistica di fornitura;
- Superare i vincoli di approvvigionamento nei terminali metaniferi. La disponibilità continua di GNL è una sfida sul piano strategico e commerciale;
- Estendere l'influenza logistica oltre l'area portuale, consentendo l'approvvigionamento di GNL ad altri mercati di sbocco.

Si distinguono due categorie di stoccaggio intermedio per le quali esistono soluzioni a terra e galleggianti:

- Impianti di piccola taglia con capacità fino a 5.000 m<sup>3</sup>;
- Impianti di grande taglia con capacità da 20.000 m<sup>3</sup> a 150.000 m<sup>3</sup>.



### **Impianti di piccola taglia**

Il vantaggio principale è l'adattabilità al fabbisogno. Il volume può essere adattato con più impianti di piccola taglia.

Questo tipo di stoccaggio intermedio si può alimentare con vari mezzi: autobotte, bettolina, nave bunker, impianto di micro-liquefazione o treno.

Il deposito di stoccaggio può essere a terra o galleggiante.

Lo **stoccaggio a terra** è utilizzato nei casi in cui l'autobotte è il mezzo di bunkeraggio principale. Ciò implica la disponibilità e l'adeguamento di una riserva di terreno. Ad esempio, il sito di rifornimento GNL a Klaipeda, in Lituania, occupa 6.000 m<sup>2</sup> per 5 serbatoi sferici orizzontali da 1.000 m<sup>3</sup>. I serbatoi di stoccaggio possono avere una forma sferica o cilindrica; quelli **sferici** vengono installati in verticale per un ingombro ridotto, quelli **cilindrici** vengono installati in orizzontale per una minore resistenza al vento.



Figura 47 - Stoccaggio intermedio a terra di piccola taglia

Esistono varie taglie di serbatoi sferici a pressione: le dimensioni variano a seconda delle esigenze finali. Nella tabella seguente sono elencate le diverse taglie disponibili sul mercato:

	320 m <sup>3</sup>	500 m <sup>3</sup>	1.000 m <sup>3</sup>
Peso – Netto	71 t	100 t	218 t
Lunghezza	30 m	45 m	50 m
Diametro	4 m	4,5 m	6 m
Installazione	Verticale	Orizzontale	Orizzontale

Tabella 16 - Dimensioni tipiche dei serbatoi sferici a pressione

Esistono anche serbatoi di taglia inferiore, utilizzati soprattutto per le stazioni NGV, ma non sono rilevanti per i volumi richiesti per la filiera del GNL come combustibile marino.

Da un punto di vista economico, il costo di tale infrastruttura si aggiunge ai costi di trasferimento diretto dal terminale metanifero alla nave attraccata.

Questa soluzione si rivela vantaggiosa in quanto garantisce l'autonomia e la disponibilità di fornitura del GNL, senza le difficoltà di rifornimento dei terminali metanieri e con la possibilità di soddisfare le richieste urgenti.

Alcuni armatori potrebbero essere interessati ad avere un accesso privilegiato a una fonte di GNL in caso di difficoltà nel porto di approvvigionamento preferito. In un contesto in cui l'uso del GNL per il rifornimento delle navi è ancora agli albori, lo stoccaggio intermedio potrebbe migliorare l'offerta dei servizi portuali, nonché soddisfare una futura crescita in termini di capacità.

Un altro uso possibile è dato dallo stoccaggio temporaneo per container ISO. Questi infatti, come si è già detto prima, sono concepiti per consentire lo stoccaggio del GNL per un mese circa e possono essere impilati per limitare l'ingombro. Questa modalità permette inoltre di adattare il volume di stoccaggio in base alla domanda.

Lo **stoccaggio intermedio** dedicato è una soluzione per un **gruppo di navi dello stesso tipo**: stessi volumi da rifornire, stessa posizione del punto di raccordo. Il serbatoio sferico è installato sulla banchina, il raccordo è progettato per un tipo di nave, il volume di stoccaggio è dimensionato per questo gruppo di navi ed equivale a varie autobotti da 300 m<sup>3</sup> a 500 m<sup>3</sup>.

L'impianto deve trovarsi in prossimità della nave da rifornire per limitare/ridurre la lunghezza delle tubazioni e quindi i relativi costi di raffreddamento e inertizzazione.



Figura 48 - Impianto di bunkeraggio con serbatoio di stoccaggio fisso (porto di Hirtshals, in Danimarca, per Fjord Line)

Il vantaggio principale di questa soluzione è che **evita i passaggi di camion sulla banchina** quando sono in corso altre operazioni. Pertanto si rivela una soluzione interessante in termini di **sicurezza** per le navi passeggeri durante le fasi di imbarco e sbarco. Nell'esempio della Figura 48, la passerella per lo sbarco a terra è a tenuta stagna per proteggere i passeggeri dal rilascio accidentale di gas.

I mezzi di bunkeraggio sono specifici delle navi. Poiché l'impianto è fisso, la flessibilità operativa è limitata.

D'altronde, bisognerà tener conto dell'aspetto normativo legato allo stoccaggio di GNL, all'ICPE e allo studio dei rischi.

Lo **stoccaggio galleggiante** è utilizzato prevalentemente con le navi bunker e comprende diversi sistemi descritti e disciplinati dai codici marittimi internazionali, quali il codice IGC (International Gas Code) e il codice IGF, che disciplina la progettazione delle unità navali alimentate a GNL.

I sistemi si distinguono in:

- serbatoi di tipo C
- serbatoi di tipo B e A
- serbatoi a membrana.

**I serbatoi di tipo C** sono l'equivalente marittimo dei serbatoi *a terra* **sferici o cilindrici**. Hanno una forma a cilindro o parallelepipedo. Possono essere isolati termicamente mediante una o più tecniche combinate come il sotto vuoto, la perlite, il poliuretano, il polistirolo, ecc.

La principale caratteristica operativa degli stoccaggi di tipo C è la loro capacità di resistere a pressioni elevate, il che offre flessibilità e facilità di gestione delle scorte di GNL, conservato a -163°C.

I serbatoi di tipo C sono generalmente installati orizzontalmente nello scafo o sul ponte esterno.

I **serbatoi di tipo B e A** sono costruiti su misura per essere collocati nello scafo, ma non hanno la stessa resistenza alla pressione del tipo C (pressione di progettazione  $\leq 0,7$  barg). La loro costruzione è più riservata e ridotta in termini di cantieri e stabilimenti.

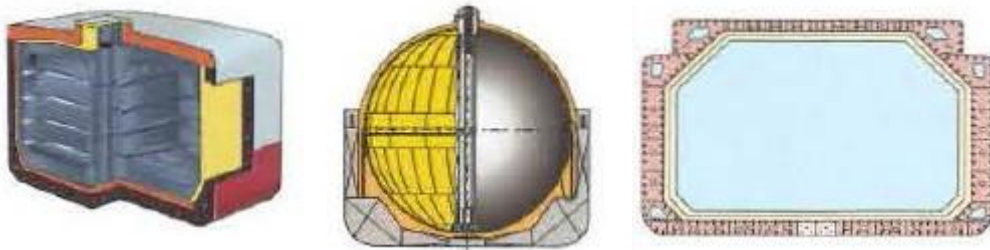


Figura 49 - Serbatoi di tipo B: prismatico, sferico e a membrana

Questi serbatoi sono adatti per volumi superiori a 5.000 m<sup>3</sup>.

#### **Esistono diversi tipi di unità galleggiante:**

- ormeggiata alla banchina e spostata periodicamente per mezzo di un rimorchiatore;
- semovente;
- ancorata in mare aperto o in porto.

**Unità galleggiante ormeggiata alla banchina.** Resta ormeggiata la maggior parte del tempo. Per spostarla e accoppiarla si utilizza un rimorchiatore o spintore. Per questo motivo alcune bettoline hanno la parte posteriore fatta in modo da inserire la parte anteriore di un rimorchiatore/spintore. Le dimensioni della bettolina sono adatte per l'utilizzo in uno specchio d'acqua protetto.

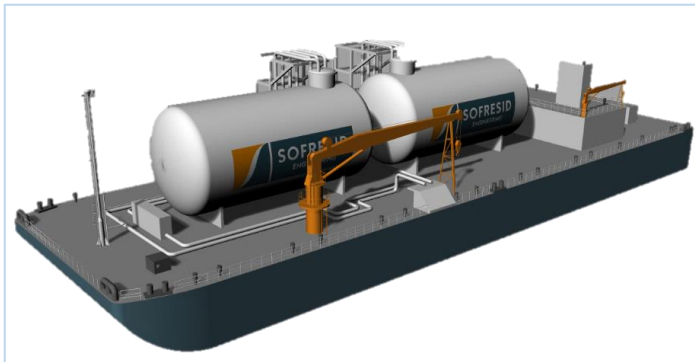


Figura 50 - Stoccaggio galleggiante di piccola taglia, esempio di progetto preliminare di una bettolina bunker

Questo tipo di unità è considerato e classificato come **bettolina**, perché priva di motrice,

- eliminando ogni complessità legata alla presenza di motori, appendici e sistemi annessi.
- Gli alloggi per l'equipaggio non sono più necessari.
- I costi di manutenzione sono ridotti.
- I costi dell'equipaggio sono ridotti, perché serve meno personale e meno qualificato.
- Il costo iniziale è ridotto.

Estremamente semplici da progettare, queste unità si possono distribuire molto rapidamente e comportano un indebitamento bassissimo.

Su una bettolina o banchina per GNL è possibile anche lo stoccaggio temporaneo dei container ISO.

**Unità semovente.** Non è altro che una nave bunker. Questa tipologia consente all'operatore di prelevare elevate quantità di GNL dai porti grandi per poi trasferirle in vari luoghi.

Questo genere di nave richiede un investimento significativo e l'impegno in termini di volume/durata di diversi investitori. I negoziati possono essere complessi per ottimizzare un finanziamento.



Figura 51 - Foto della nave bunker ENGIE Zeebrugge

In tutte le varianti appena descritte, l'unità galleggiante non sarà disponibile per altre distribuzioni nel momento in cui è impegnata nelle operazioni di bunkeraggio.

**Unità galleggiante ancorata.** Si tratta di una variante della bettolina, con la differenza che è sempre ancorata in porto o al largo. In questo caso si parla di unità galleggiante di stoccaggio (FSU). Anche se concepibile in piccola taglia, questa unità è adottata per capacità di stoccaggio superiori a 5.000 m<sup>3</sup> e, pertanto, rientra nella categoria di impianti di grande taglia (vedere sotto per maggiori informazioni sulle unità FSU di grande taglia).

## **Impianti di grande taglia con capacità superiori a 15.000 m<sup>3</sup>**

Gli impianti di grande taglia offrono una notevole autonomia e sono destinati al consumo a livello locale.

- **Stoccaggio a terra:** il deposito viene per lo più utilizzato per capacità di stoccaggio superiori a 15.000 m<sup>3</sup> e, più in generale, sui 150.000 m<sup>3</sup>. Questo impianto ha un'impronta di suolo notevole in quanto, oltre al serbatoio, richiede sistemi di ritenzione per eventuali perdite e un'unità di reliquefazione dei vapori. Il terminale GNL di Tornio, in Finlandia, occupa 12.000 m<sup>2</sup> per una chiatta di 50.000 m<sup>3</sup>.

Una struttura di questo tipo è **classificata come impianto ICPE** e richiede, oltre agli studi dei rischi e al relativo piano di prevenzione, specifiche procedure amministrative e indagini pubbliche che possono rivelarsi lunghe e incerte. Nel caso del porto di Tolone, l'integrazione di tale impianto potrebbe essere effettuata in un'area in cui esistono già piani di prevenzione. Occorrerà tener conto dell'effetto domino che potrebbe avere sugli impianti esistenti.

- **L'unità di stoccaggio galleggiante o FSU** è un impianto abbastanza semplice, la cui funzione principale è quella di immagazzinare grandi volumi di GNL ed essere dotata di mezzi di trasferimento. L'unità FSU è ancorata in modo permanente, quindi occupa poco spazio o nulla e può essere trasferita altrove una volta terminato il periodo contrattuale.

Può essere collocata a una distanza adeguata dagli effetti di un eventuale incidente, che altrimenti non è possibile per un impianto in pieno centro. Viceversa, i trasferimenti dipendono molto dalle condizioni meteorologiche, così come l'accesso a determinate navi o bentine.



Figura 52 - Unità galleggiante ancorata - FSU

Un'unità FSU, se dotata di un sistema di reliquefazione, può contenere il carico fino a 3 mesi circa. In tal caso, il fabbisogno di stoccaggio deve essere legato a un consumo locale annuale pari ad almeno quattro volte il volume di carico per un periodo di attività abbastanza lungo, almeno 15 anni, per giustificare l'investimento.

L'installazione di un'unità FSU nel porto è poco probabile a causa dei possibili rischi e deve essere avvalorata con uno studio dettagliato. Dovrebbe essere accessibile alle navi bunker che non possono andare in alto mare.

### **1.6.7 Considerazioni di sintesi sulle diverse tipologie di trasporto**

Gli itinerari tramite la rete stradale e ferroviaria sono tecnicamente fattibili. Per volumi di 1.000 m<sup>3</sup> sono necessarie 20 autobotti, che possono transitare sulla rete stradale.

I container ISO possono essere trasportati su treno dal terminale di FOS Tonkin a Brégaillon utilizzando le piattaforme multimodali già presenti nella regione. Tuttavia, poiché la domanda di GNL per i traghetti è prevalentemente al terminale TCA, occorre aggiungere un anello alla catena logistica dei trasporti per portare il GNL da Brégaillon verso TCA (v. capitolo 1.6.8.1) e aumentare la movimentazione.

Il percorso via gasdotto non è fattibile a causa dei rischi nell'area urbana e della distanza dal punto di rifornimento principale. In effetti, l'unico posto disponibile per un'unità di liquefazione è Brégaillon, ma si trova lontano dal luogo di domanda principale dei traghetti a TCA.

Il percorso via mare da FOS è un'alternativa adeguata e complementare ai bunkeraggi che si non possono effettuare con autobotti. Questa soluzione consente di adattarsi facilmente a un aumento della domanda di GNL nella rada di TOLONE aumentando la frequenza di viaggio delle navi bunker da FOS.

### **1.6.8 I trasporti nella rada**

#### *1.6.8.1 Trasporto su gomma*

Il trasporto di GNL su gomma fino alla nave da rifornire nella rada di Tolone può essere effettuato sia direttamente dal terminale di approvvigionamento che da un deposito di stoccaggio intermedio.

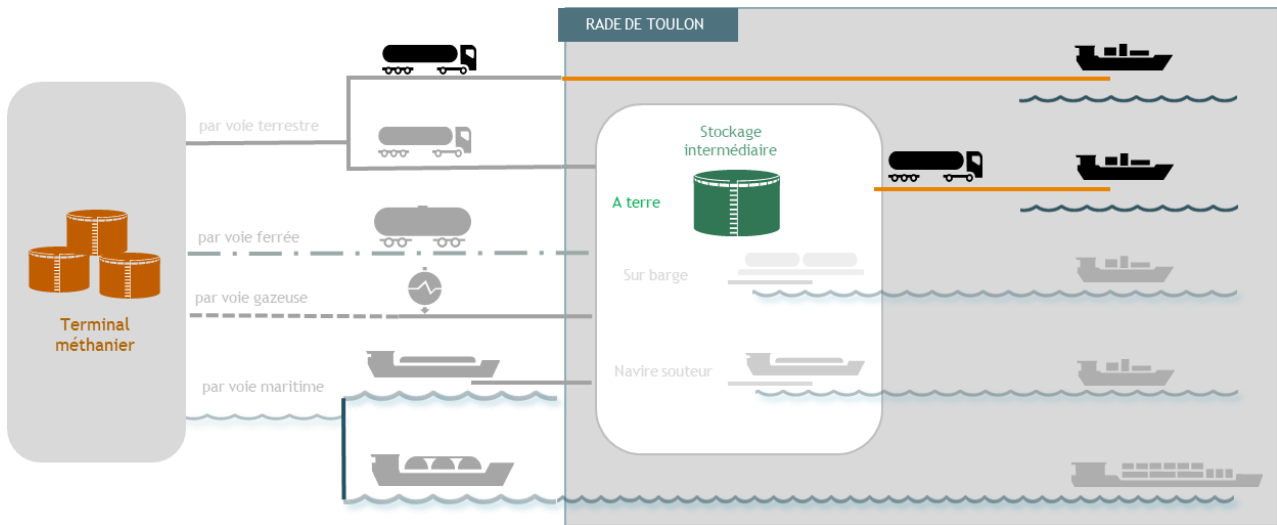


Figura 53 - Schema del trasporto su gomma nella rada

La quantità massima totale di GNL che si può ragionevolmente trasportare a mezzo autobotte fino a bordo di una nave è di 500 m<sup>3</sup>. Per ridurre i tempi di bunkeraggio, è possibile collegare più autobotti contemporaneamente, fino a un massimo di 4 mezzi. Questo potrebbe essere il volume massimo di GNL da considerare per i traghetti, a condizione che la frequenza di rifornimento sia aumentata.

Nel 2019, il bunkeraggio a mezzo autobotte ha riguardato principalmente le navi IFREMER e una nave posacavi, come illustrato nella Figura 54



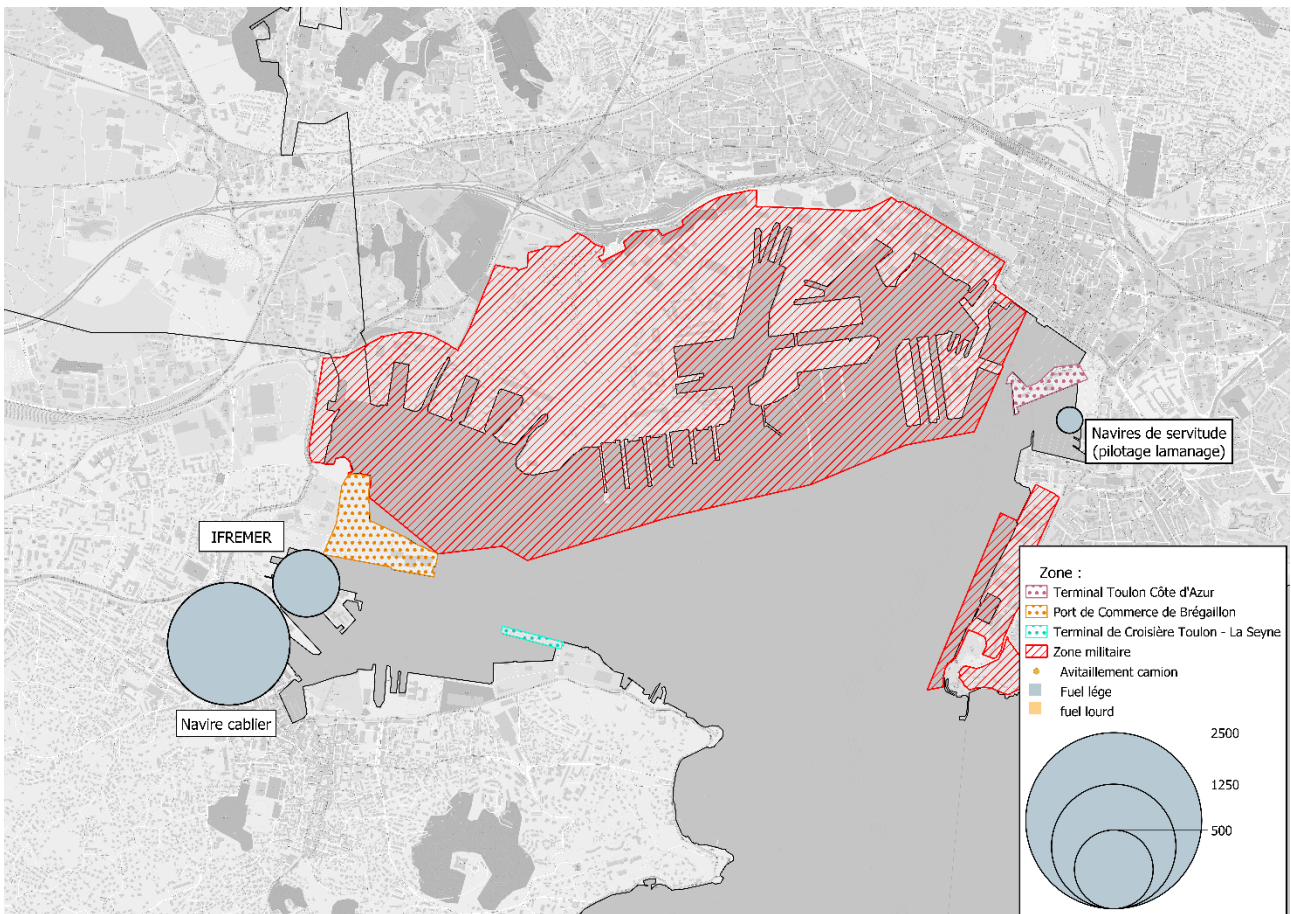


Figura 54 - Bunkeraggio a mezzo autobotte nel 2019

Le autobotti utilizzate per il bunkeraggio diretto sulle navi sono dotate di serie di un sistema di pompaggio che consente di svuotare una cisterna o un container ISO con un flusso dell'ordine di 60 m<sup>3</sup>/h, vale a dire un'operazione che dura poco più di un'ora (40 minuti per svuotare l'autobotte + 20 minuti di manovra, collegamento manichette, ecc.).

Il bunkeraggio viene effettuato collegando direttamente la manichetta flessibile di travaso dell'autobotte alla nave da rifornire. Il volume da bunkerare è generalmente maggiore della capacità di un'autobotte. Pertanto, in base ai vincoli di tempo e disponibilità della banchina, o le autobotti si susseguono o c'è uno skid per



Figura 55 - Rifornimento a GNL di una nave di linea, maggio 2016

scaricare più autobotti contemporaneamente e raggiungere così il volume desiderato.



Figura 56 - Evoluzione dei sistemi di bunkeraggio in modalità TTS

Le soluzioni modulari consentono di collegare da 2 a 6 autobotti. In questo modo è possibile aumentare il flusso di transazione a 240 m<sup>3</sup>/h e, quindi, il volume trasferito in un determinato intervallo di tempo. Il modulo può essere fisso sulla banchina o mobile a seconda delle esigenze.

Tuttavia, oltre a 4 autobotti (200 m<sup>3</sup>), il numero di persone richieste nell'area diventa eccessivo insieme al vapore gassoso generato.

I container ISO hanno il vantaggio di poter essere stoccati, eventualmente al porto di Brégaillon, per poi essere trasportati su gomma fino al punto di consegna del GNL.

In alternativa, i container ISO possono essere collocati a bordo delle navi e collegati direttamente al sistema di alimentazione di carburante. È così che è stato progettato il traghetto HONFLEUR di Brittany Ferries (Figura 57).

Il traghetto è dotato nello specifico di una gru che consente di issare a bordo i container ISO di GNL e quindi di alimentare il serbatoio fisso principale. Due volte a settimana, fuori dalle aree passeggeri, vengono caricati a bordo due container ISO pieni per sostituire quelli vuoti. L'intera operazione deve essere effettuata in meno di 15 minuti.

## LA LIVRAISON DU GNL À BORD DU HONFLEUR

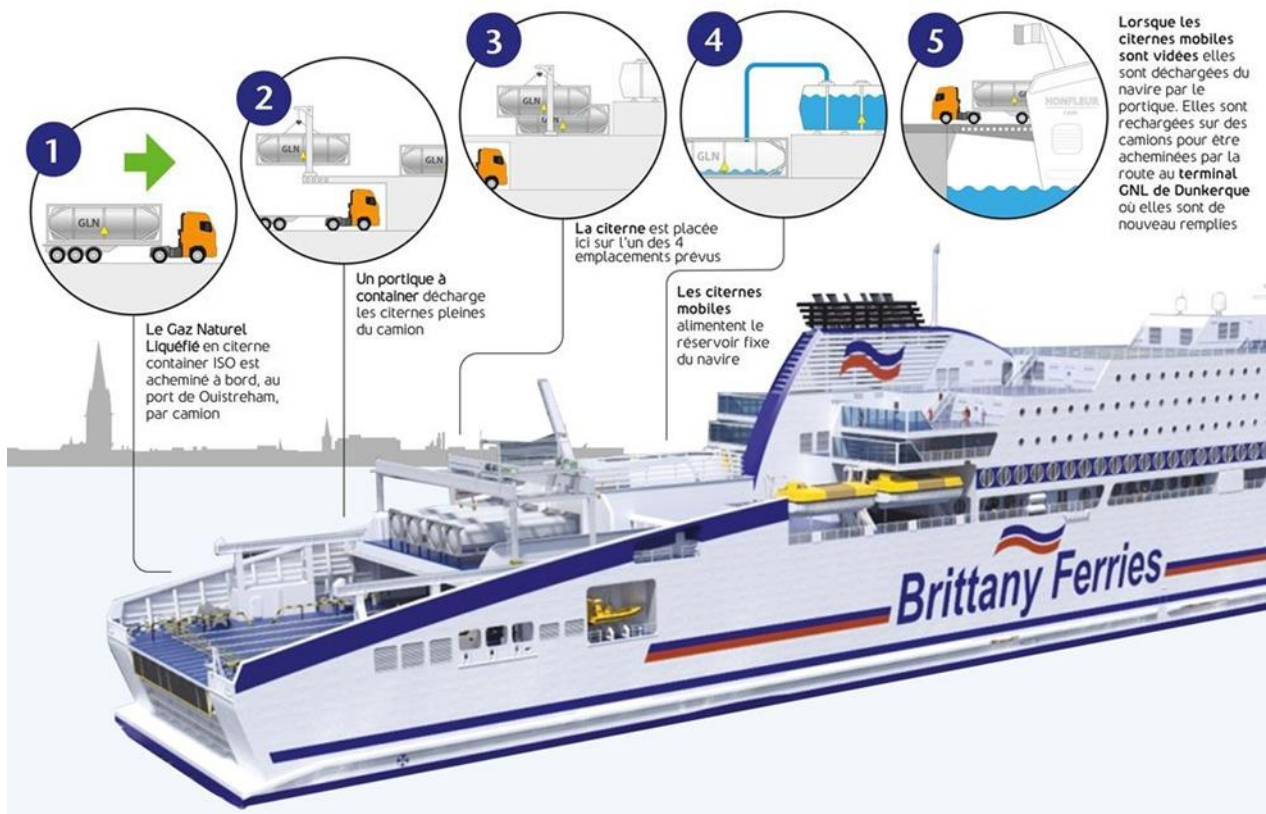


Figura 57 - Panoramica della consegna di GNL a bordo del traghetto Honfleur

L'adozione di questa soluzione nella rada di TOLONE, considerando un massimo di 2 container ISO imbarcati a ogni bunkeraggio, richiede:

- Durante il picco estivo, 3 rifornimenti di 2 container ISO al giorno per ogni traghetto.
- Durante i periodi morti con un solo traghetto in funzione, il rifornimento di 1 container ISO circa ogni due giorni.

I limiti di volumi movimentati è l'elemento chiave per la filiera su gomma. Per quanto riguarda il volume massimo di bunkeraggio fattibile per autobotte (massimo tra 500 e 700 m<sup>3</sup>), i pareri sono discordanti. Ai fini della presente analisi, la quantità massima di bunkeraggio per autobotte è 500 m<sup>3</sup>. È leggermente inferiore in caso di trasporto con container ISO.

Inoltre, la sosta delle autobotti per le operazioni di rifornimento di GNL non è fattibile sulle banchine del porto di TCA, perché comporta traffico intenso, chiusura di una via durante il bunkeraggio, divieto di accesso ai camion sulle banchine dell'area del porto.

Le altre banchine commerciali, Brégaillon e Mole Armement a La Seyne-sur-Mer, sono accessibili ai camion. L'adozione di una soluzione del genere in queste aree deve essere ancora studiata perché lo spazio disponibile sulle banchine è limitato.

#### 1.6.8.1.1 Sviluppi logistici possibili

##### 1.6.8.1.1.1 Bunkeraggio diretto a mezzo autobotte



In un primo momento, l'approvvigionamento del porto potrebbe avvenire tramite autobotti per rifornire il primo traghetto a GNL, al porto di Brégaillon o Mole Armement di La Seyne-sur-Mer, purché il bunkeraggio sia effettuato con una maggiore frequenza. Tuttavia, il rifornimento dei traghetti rappresenta 1/10 delle operazioni e il trasporto su gomma non è fattibile per il rifornimento nel porto di TCA.

##### 1.6.8.1.1.2 Stoccaggio intermedio

Per garantire l'autonomia e la disponibilità di GNL, si potrebbe prendere in considerazione lo stoccaggio intermedio.



Come descritto nei paragrafi precedenti, si può realizzare con un deposito di piccola taglia o con container ISO impilati. Data la scarsa quantità di GNL rifornito al di fuori del porto di TCA, l'installazione di un impianto di stoccaggio intermedio sostenibile non è interessante.

Un'altra soluzione per evitare gli spostamenti di camion sulla banchina quando sono in corso altre operazioni è lo stoccaggio intermedio dedicato. Questo tipo di impianto è interessante sul piano logistico nel porto di TCA per via della presenza dei consumatori finali. Tuttavia, la collocazione non è affatto favorevole, a causa della mancanza di spazio sulla banchina e dei vincoli di sicurezza di un tale impianto in centro città. Questa soluzione pertanto non verrà studiata.

Lo stoccaggio intermedio di grande taglia comporta volumi di scambio molto elevati. Pertanto non sarà oggetto di studio.

### **Analisi Critica**

Il bunkeraggio a mezzo autobotte potrebbe essere il primo passo per via della sua flessibilità e dei bassi investimenti finanziari.

Si può utilizzare per il rifornimento di un traghetto a Brégaillon o Mole Armement di La Seyne-sur-Mer. Tuttavia si tratta di una piccola percentuale di rifornimenti dei traghetti. La maggior parte dei rifornimenti di GNL viene effettuata al porto di TCA, dove questa soluzione non è fattibile.

C'è un altro segmento di mercato che può essere rifornito con GNL tramite autobotte: le piccole navi di servizio, le navi posacavi e quelle da ricerca. Però queste navi dovrebbero passare al GNL, il che sembra poco probabile nei prossimi dieci anni. Pertanto non verrà trattato in questa sede.

Per i volumi inferiori a 1.000 m<sup>3</sup>, lo stoccaggio intermedio non è conveniente. L'installazione di un impianto di stoccaggio intermedio dedicato ai traghetti a TCA non è fattibile per motivi di sicurezza nell'area urbana e di spazio disponibile.

L'uso dei container ISO offre prospettive limitate. Consente di creare uno stoccaggio intermedio, che sarebbe al massimo disponibile nel porto di Brégaillon, fatto salvo uno studio dei rischi. Poiché i volumi totali coperti sono modesti, i container ISO possono rifornire le piccole navi nelle vicinanze, ma difficilmente possono soddisfare la domanda dei traghetti.

#### 1.6.8.2 Trasporto via mare

Il vantaggio delle navi bunker è che possono operare dove non arrivano le autobotti e rifornire le navi con una stiva superiore a 500 m<sup>3</sup>. Inoltre lasciano libera la banchina per le operazioni commerciali, come i trasferimenti di passeggeri o merci.

Anche se la redditività di una nave bunker si basa sulla frequenza delle operazioni, con la sua capacità di stoccaggio relativa, può essere utilizzata anche come deposito di stoccaggio intermedio locale. Se attraccata, può consentire il rifornimento locale di autobotti.

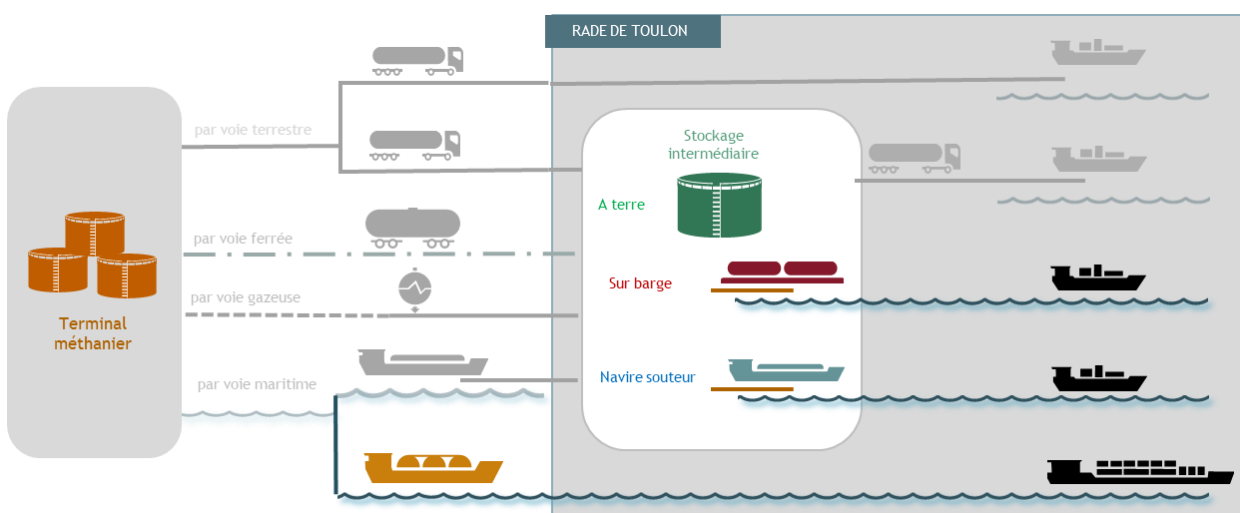


Figura 58 - Schema del trasporto via mare nella rada

Come già illustrato, nel 2019, i bunkeraggi via mare hanno riguardato solo i traghetti e principalmente il terminal di Tolone Costa Azzurra (TCA):

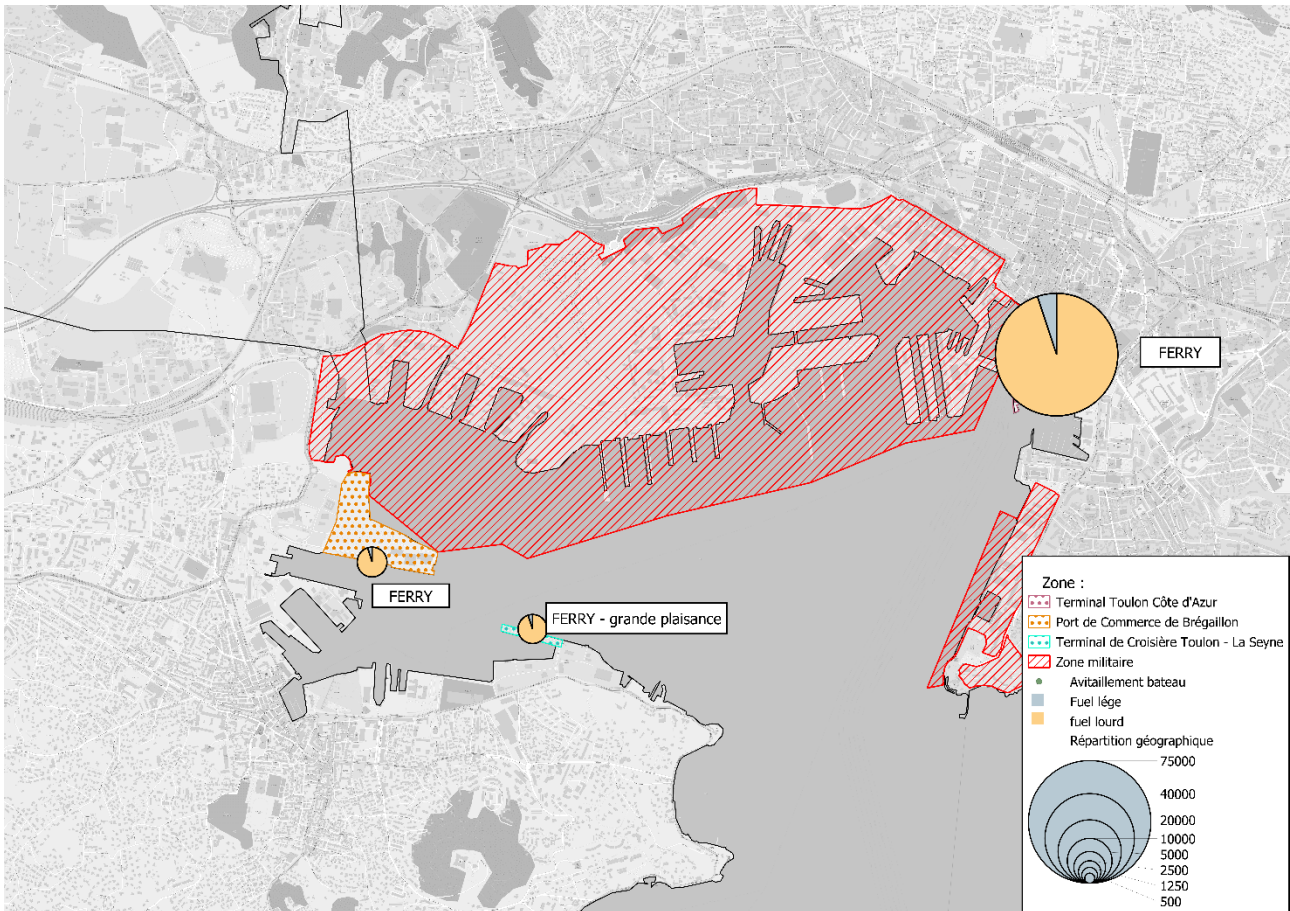




Figura 59 - Bunkeraggio a mezzo nave nel 2019

Ci sono 2 tipi di bunker: la **nave bunker**, con propulsione propria   
 la **bettolina per bunkeraggio** 

**La nave bunker** è dotata di propulsione autonoma. Dopo aver riempito i serbatoi in un terminale GNL, andrà ad affiancarsi alle navi per rifornirle. Ulteriori dettagli sono stati già forniti nel capitolo 1.6.6.2.

**La bettolina per bunkeraggio non propulsa** non ha un equipaggio sempre operativo. Richiede uno spintore o rimorchiatore per essere spostata. Pertanto comporta un investimento ridotto.



Figura 60 - Bettolina di trasferimento dotata di serbatoio di tipo C

La bettolina può essere utilizzata per trasportare container ISO alle navi da rifornire o essere dotata di serbatoi. Si può utilizzare anche per lo stoccaggio intermedio.

**La bettolina per bunkeraggio semovente** rimane destinata all'uso fluviale ma essendo dotata di propulsione offre autonomia di movimento. Lo svantaggio è che richiede un equipaggio.

La LNG London è una bettolina semovente di 3.000 m<sup>3</sup> destinata alla navigazione interna e beneficia di una deroga eccezionale per la navigazione marittima.



Figura 61 - Bettolina London LNG

La soluzione della bettolina non viene presa in considerazione per la rada di TOLONE per i seguenti motivi principali:

- la sosta temporanea o permanente di una bettolina non è assicurata nella rada a causa della mancanza di banchine disponibili;
- il trasporto tramite bettolina di container ISO da Brégaillon pone problemi di logistica, movimentazione e tempi di trasporto.

La filiera delle navi bunker è strutturata in modo diverso da quella dei trasporti su gomma e il criterio principale è dato dal volume da rifornire per determinare la taglia del bunker.

Le dimensioni delle navi bunker si basano su un criterio tecnico: ovvero riempire le stive al massimo ogni quattro settimane per evitare il rischio di deterioramento del GNL nel tempo.

#### 1.6.8.2.1 Sviluppi logistici possibili

##### 1.6.8.2.1.1 Sviluppo iniziale

La nave bunker sarà necessaria in caso di bunkeraggio di oltre 500 m<sup>3</sup>. A tal fine, si potrebbe condividere una nave nell'area di Maritimo per effettuare bunkeraggi occasionali a Tolone.

##### 1.6.8.2.1.2 Nave bunker locale

Una nave bunker locale diventa necessaria nel momento in cui il volume annuo di GNL supera i 100.000 m<sup>3</sup>.

Nei prossimi dieci anni non sono previste navi bunker locali dedicate alla rada di TOLONE perché il volume di GNL rifornito a TOLONE dovrebbe rimanere inferiore a 45.000 m<sup>3</sup> l'anno.

##### 1.6.8.2.1.3 Stoccaggio intermedio

Lo stoccaggio intermedio non è necessario per la filiera di bunkeraggio in quanto i volumi disponibili sono sufficienti per rispondere alla domanda. Verrebbe utilizzato il tempo necessario per effettuare i rifornimenti per poi tornare a uno dei terminali di FOS per l'approvvigionamento.

## **Analisi critica**

Si può adottare il rifornimento in mare. Infatti è la modalità preferita per Tolone in quanto quella più idonea per rifornire i traghetti nella rada.

Il volume annuo da rifornire sarà il criterio per giustificare l'investimento in una nave bunker locale o in una condivisa con altri attori della regione.

## **1.6.9 Sviluppo dell'approvvigionamento del GNL**

### 1.6.9.1 Evoluzione del mercato globale

La maggior parte degli studi prevede una crescita del GNL come combustibile marino, ma ciascuno con gradi di evoluzione diversi. L'affidabilità di questi studi è difficile da utilizzare come riferimento per una visione che vada oltre 20 anni.

La Figura 62 presenta il quadro prospettato nel 2019 da DNV GL<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> DNV GL. (2019) Maritime Forecast to 2050 - Energy Transition Outlook 2019



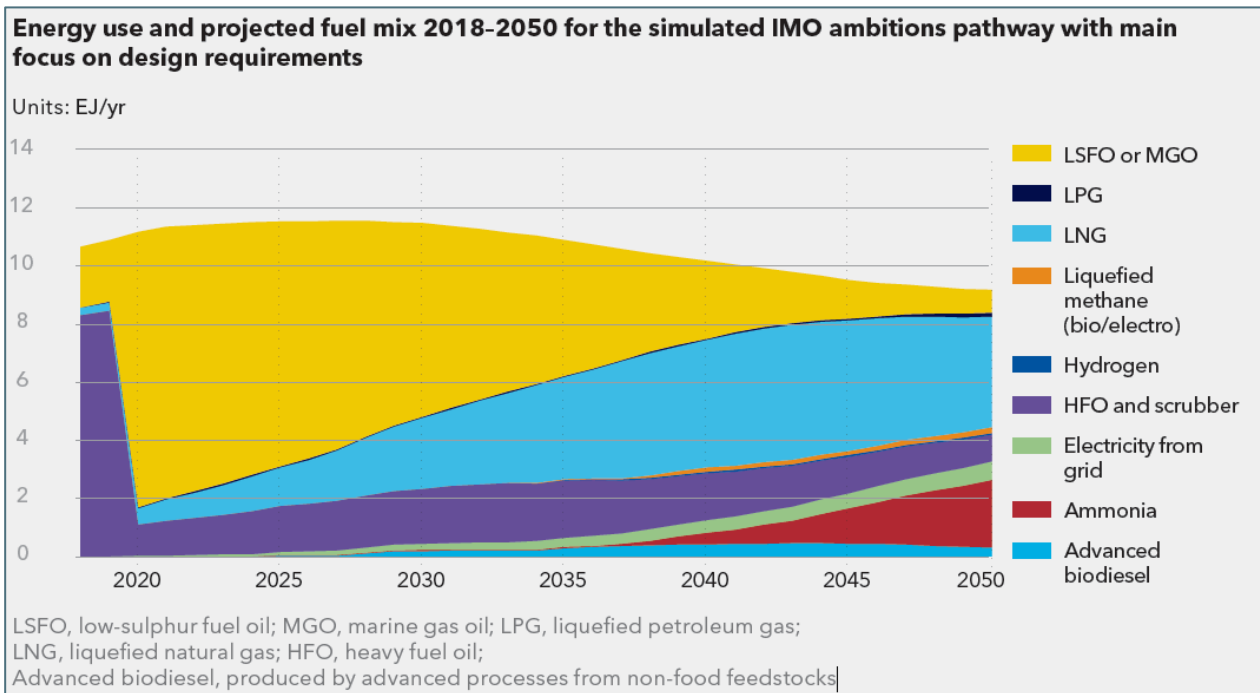


Figura 62 - Previsioni sull'uso del GNL come combustibile nel settore marittimo

Come sottolineato da DNV GL, questa crescita è strettamente legata ai costi dell'energia, all'evoluzione tecnologica in futuro e ai cambiamenti normativi.

La proiezione del mix energetico fino al 2040 è considerata alquanto affidabile perché si basa sulle decisioni prese attualmente. Inoltre, DNV GL stima che la percentuale di GNL nel 2050 potrà variare dal 40% all'80% nel mix energetico globale, molto dipenderà dalla diffusione dell'ammoniaca come fonte di energia alternativa.

L'altra ipotesi avanzata da DNV GL è un calo continuo dei combustibili convenzionali (LSFO, MGO e HFO) a favore delle energie alternative.

Questa curva mostra che dal 2020 al 2030 i combustibili convenzionali verranno sostituiti dal GNL fino a un valore del **21,4%** (Tabella 17).

Anno	LNG (pessimista - ottimista)
2020	5,02
2025	11,5%
2030	21,4%

Tabella 17 - Quota di GNL nel consumo globale di combustibili marini

L'ultimo report di DNV GL del 2020 non contraddice i dati del report 2019 per il decennio 2020-2030 e prevede nel 2030 una quota media di GNL del **25%** della flotta mondiale.

Sempre secondo il report di DNV GL, le navi a GNL saranno distribuite come segue:

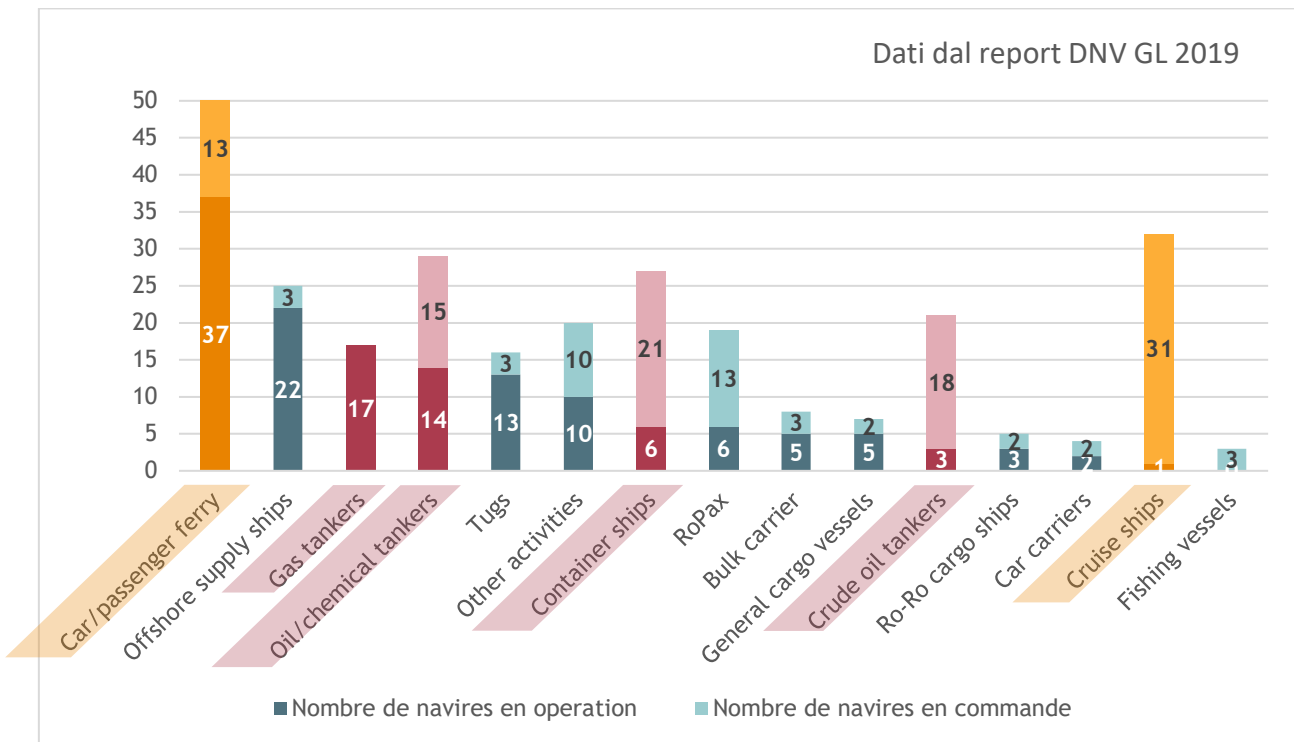


Figura 63 - Numero totale e tipo di navi alimentate a GNL

**Il mercato con la domanda maggiore è quello dei traghetti e delle navi da crociera**, in parte dovuto all'impatto del grande pubblico. Nei prossimi dieci anni non sono previsti rifornimenti di GNL per le navi da crociera presso il porto di TOLONE. Tuttavia, data l'attuale proporzione dei bunkeraggi per questo segmento), è possibile una crescita per la rada di TOLONE. Questo segmento riguarda i bunkeraggi sotto i 1.000 m<sup>3</sup> per traghetto. Attualmente nel porto di Tolone sono in servizio 8 traghetti. Secondo lo studio di DNV GL, dal 21 al 25% di queste navi passeranno al GNL nel 2030. Pertanto, si ritiene che entro i prossimi dieci anni saranno alimentati a GNL al massimo 2 traghetti.

Il secondo segmento di mercato interessato è quello delle navi portacontainer e chimichiere/portacisterne. Questo mercato riguarda i bunkeraggi per navi di oltre 3.000 m<sup>3</sup>, ma non interessa la rada di TOLONE.

Un altro segmento di navi che si convertiranno al GNL è quello delle ro-ro e ro-pax. Pur facendo scalo a Tolone, queste navi hanno una frequenza molto irregolare e si riforniscono in altri porti.

A seguire nel presente studio, sulla base di tali proiezioni, si terrà conto che:

- nel 2025: 1 traghetto passerà al GNL
- nel 2030: 2 traghetti passeranno al GNL.

#### 1.6.9.2 Evoluzione del GNL nella rada di TOLONE

##### **Mercato interno**

Non tutti i bunkeraggi nel porto di TOLONE vedranno una conversione delle navi al GNL.

Ad esempio, le navi posacavi, quelle da ricerca e le navi di servizio non passeranno al GNL nei prossimi dieci anni.

Si presume che i bunkeraggi per i generatori ausiliari di emergenza saranno sempre in MGO.

A Tolone, nel 2030, il consumo previsto corrisponde a 2 traghetti alimentati a GNL che rappresentano  $82.551 \times 0,25 \times 2 = 41.275 \text{ m}^3$  all'anno, che arrotondati diventano  $41.300 \text{ m}^3$ .

Il rifornimento di GNL sarà in media di  $1.250 \text{ m}^3$  ogni 11 giorni, ovvero  $115 \text{ m}^3$  al giorno (per due traghetti).

Tuttavia, questa domanda non è costante nel corso dell'anno e occorre tenere presente quanto segue:

- Picco di domanda in estate, circa  $2.000 \text{ m}^3$  da fornire ogni 4 giorni, ovvero  $500 \text{ m}^3$  al giorno considerando 2 traghetti.
- Periodi morti con un solo traghetto in servizio e una domanda media al giorno di circa  $60 \text{ m}^3$ , se non di  $25 \text{ m}^3$  al giorno quando la domanda è al minimo.

##### *Evoluzione a 10 anni*

Considerando che il 90% dei traghetti verrà rifornito al terminal passeggeri di TCA e che il restante 10% sarà equamente distribuito tra Brégaillon e La Seyne-sur-Mer, si può prevedere la seguente proiezione per l'evoluzione dei consumi dal 2020 al 2030:

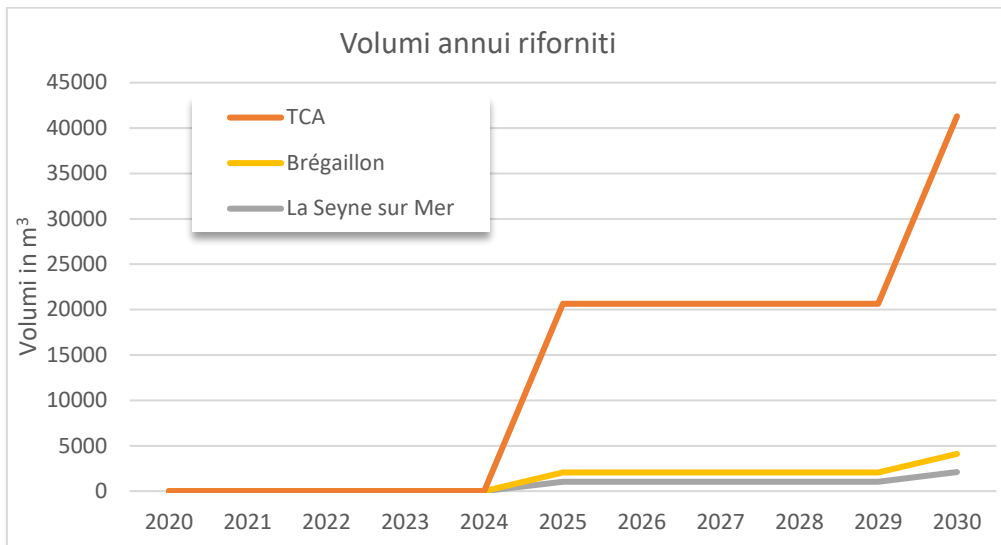


Figura 64 - Evoluzione annuale della domanda di GNL in 10 anni

Il rifornimento a Brégaillon e La Seyne-sur-Mer può essere effettuato tramite autobotti.

Il rifornimento a TCA, in particolare durante il picco di domanda estivo, avviene tramite navi bunker, per rispettare l'obbligo di accedere tramite lo specchio d'acqua del porto per effettuare il bunkeraggio.

### ***Mercato esterno***

Per gli usi diversi dal combustibile marino a Tolone, è possibile un aumento del volume di scambio di GNL a Tolone, influenzando sulle modalità di approvvigionamento.

#### 1.6.9.2.1 Carburante

##### Combustibile marino

Al di là della rada di TOLONE e del settore marittimo, non è stato individuato un mercato esterno (nessun mercato per le navi fluviali né per i pescherecci).

##### NGV

Il gas naturale come combustibile per i veicoli (in particolare i mezzi pesanti) potrebbe costituire un potenziale sbocco industriale. Ma resta marginale.

##### Combustibile ferroviario

Il gas naturale come combustibile ferroviario non è considerato probabile.

#### 1.6.9.2.2 Fornitura di elettricità dalle banchine

Tale uso corrisponde al collegamento delle navi alla banchina per fornire energia elettrica e consentire di spegnere i motori e quindi ridurre le emissioni inquinanti quando sono in porto.

Sulle banchine del terminal TCA è in corso la costruzione di un impianto, collegato alla rete terrestre, per l'alimentazione elettrica dei traghetti.

Un altro uso può derivare dall'alimentazione delle navi da crociera. Con un totale di 40 scali con un tempo di permanenza medio di 12 ore e un consumo elettrico stimato di 5 MW, il fabbisogno annuo di GNL sarebbe di 840 m<sup>3</sup> (circa 420 t all'anno). Resta comunque marginale rispetto al fabbisogno dei traghetti.



Figura 65 - Esempio di battolina per la fornitura di energia elettrica alle navi attraccate

#### 1.6.9.2.3 Industrie

Solo i siti industriali che non possono collegarsi alla rete di distribuzione del gas probabilmente passeranno al GNL. Questi siti si trovano per lo più nei dipartimenti di Alpes Maritimes (06) e Alpes de Haute Provence (04). Un sito industriale acquisterebbe in media circa 25 cisterne di GNL all'anno, ovvero circa 1.000 m<sup>3</sup> (500 t all'anno). Lo scenario peggiore è che tale utilizzo non interessi alcun sito industriale della regione.

#### 1.6.9.2.4 Uso domestico

Esistono casi di utilizzo domestico del GNL in aree lontane dalla rete nazionale di distribuzione del gas naturale. Questi riguardano soprattutto i dipartimenti di Alpes Maritimes (06) e Alpes de Haute Provence (04). Il fabbisogno annuale per un piccolo comune è di circa 200 m<sup>3</sup> di GNL (100 t all'anno).

Lo scenario peggiore è che tale utilizzo non interessi alcun comune della regione.

### 1.6.10 Sintesi e raccomandazioni

La domanda di GNL per il porto di Tolone **sarà probabilmente legata all'adozione di questo combustibile alternativo nei traghetti**. Nell'arco di 10 anni, secondo lo scenario pessimistico nessuna nave si convertirà al GNL, mentre nello scenario più ottimistico 2 navi potrebbero essere alimentate a GNL.

Il porto di TCA continuerà a concentrare il 90% dei bunkeraggi nei casi in cui, dato lo spazio di ormeggio ridotto, **si richiederà l'uso di un sistema di rifornimento in acqua** con nave bunker.

Il volume annuale nella rada di Tolone, anche nella previsione più ottimistica, non giustifica l'investimento di un bunker locale a Tolone. Lo schema più logico sarà di utilizzare una nave bunker che si approvvigionerà da Fos e sarà condivisa con la regione meridionale fino ad arrivare ai porti italiani.

Il volume necessario per ogni bunkeraggio, circa 1.000 m<sup>3</sup>, richiederà l'utilizzo di una nave bunker con una capacità di almeno 3.000 m<sup>3</sup>.

Il trasporto via mare può essere completato **via terra nei siti di Brégaillon e La Seyne-sur-Mer**, in particolare durante la bassa stagione. In questo periodo, la domanda di carburante è meno sostenuta, con un rifornimento di volumi più piccoli. Questa modalità di bunkeraggio è consigliabile per le prime operazioni per attrarre altri utilizzatori in futuro. Inoltre offre una maggiore flessibilità, dal momento che il rifornimento su gomma può essere effettuato in tempi rapidissimi. Invece le navi bunker, essendo condivise con altri soggetti, richiedono tempi di rifornimento con diversi giorni di anticipo.

In questo caso, la filiera del GNL per uso marittimo è fortemente legata ai traghetti. Le scelte della compagnia operativa saranno determinanti per i tempi e la logistica di approvvigionamento. L'esempio della compagnia Brittany Ferries con la nave HONFLEUR, alimentata tramite container ISO dimostra che la catena logistica dipende anche dalla scelta tecnologica delle navi.

Gli investimenti nelle due modalità di approvvigionamento, su gomma o via mare, sono molto diversi.

Per il **settore su gomma**, il prezzo della materia trasportata comprende il costo del personale più i costi di utilizzo dell'autobotte (carburante + pedaggio + ammortamento). Per un viaggio diretto dal terminale di FOS, il costo del trasporto si aggira sui **600 euro** a

autobotte. La stipula di contratti a lungo termine con gli operatori e il trasporto combinato strada-rotaia contribuiranno a ottimizzare i suddetti costi.

Per la **filiera con navi bunker** servirà una nave in grado di operare in alto mare da un terminale metanifero. Il mercato è abbastanza chiuso sul costo di questi mezzi. **Una nave bunker da 3.000 m<sup>3</sup> costerebbe 40 milioni di euro**, secondo le stime realizzate da Sofresid a questo proposito. I costi operativi variano molto da un operatore all'altro e dipendono in particolar modo dalla velocità di carico della nave. In altre parole, dipendono dall'uso condiviso con gli altri soggetti della regione meridionale e in Italia.

Per l'area di Tolone, gli **investimenti in infrastrutture saranno marginali** in quanto la filiera non richiede nuovi impianti.

La **promozione dell'uso del GNL** nel porto di Tolone rimane un elemento essenziale di cui il territorio è parte interessata. Innanzitutto, occorre integrare il rifornimento di GNL nel regolamento portuale locale. Così facendo si potrà effettuare un primo rifornimento di GNL nella rada, a scopo di test, nonché per dimostrare l'idoneità del porto per questo tipo di operazioni.

## 2 La Corsica

### 2.1 Quantificazione del fabbisogno di GNL

La quantificazione del fabbisogno di GNL è stata effettuata sulla base di dati provenienti da diverse fonti, in particolare:

- il Programma Pluriennale dell'Energia 2015 (PPE);
- i flussi di fornitura di energia;
- le possibili soluzioni di bunkeraggio;
- indagini e interviste

La seguente tabella sintetizza gli impieghi potenziali del GNL in Corsica:

Utilizzi potenziali del GNL	Ipotesi sulla domanda	Consumo attuale	Fabbisogno in GNL
Produzione di energia elettrica	Conversione a GNL delle centrali termoelettriche di Lucciana e Vaggio entro il 2023 (PPE 2015) da associare alla diminuzione della produzione di energia	importazione di ~ 180.000 T di olio combustibile	160.000 <sup>21</sup> m <sup>3</sup> /anno
Carburante per il trasporto terrestre	Conversione al GNC del 10-15% del parco veicoli leggeri e pesanti	Importazione di carburanti SP e GO (~ 30.000 T)	Tra 40.000 e 60.000 m <sup>3</sup> / anno
Carburante marino	Graduale conversione di traghetti e navi da crociera al GNL	Marginale: l'attuale bunkeraggio delle navi dirette in Corsica viene effettuato sul continente	Marginale
Rete gas di città	Conversione delle stazioni di gas Engie di Loretto e Arinella (la stazione di Loretto è in fase di rinnovo)	Importazione di 12.000 T di GPL (butano e propano)	~ 24.000 m <sup>3</sup>

<sup>21</sup> Volume espresso nelle specifiche pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica nel secondo trimestre 2020 per selezionare l'investitore e il gestore del futuro impianto di alimentazione a GN delle centrali termoelettriche.



Utilizzi potenziali del GNL	Ipotesi sulla domanda	Consumo attuale	Fabbisogno in GNL
Energia isolata	Conversione (<10%) dei serbatoi industriali che utilizzano GPL o gasolio ad uso domestico al GNL + nuovi utenti industriali che installano gruppi riscaldanti o elettrogeni alimentati a GNL	GPL: < 100 T/anno + Gasolio ad uso domestico	Marginale
Alimentazione elettrica delle navi ormeggiate	Utilizzo del GNL per l'elettificazione delle navi in banchina: una stazione per porto, in 4 porti (Ile rousse, Porto Vecchio, Bastia e Ajaccio) per 10 ore al giorno,	Uso del gasolio marino delle navi	~ 10.000 m <sup>3</sup> /anno

## 2.2 Soluzione di approvvigionamento e probabilità di realizzazione

Non essendo prevedibile sull'isola la realizzazione di un terminale GNL, l'approvvigionamento terrestre dovrà avvenire tramite autocarri riforniti nel continente (ad esempio a Fos) sia sotto forma di ISO container che di motocisterna. I mezzi trasportati via mare sbarcheranno nel porto di Lisula (l'unico porto che attualmente autorizza lo scarico di merci pericolose di classe 1) e poi trasportato su strada fino al punto di consegna.

Il trasferimento di GNL via gasdotto, necessariamente criogenico, è molto complesso e troppo costoso per cui occorre effettuare la rigassificazione (trasformazione in GN) prima di convogliarlo ai serbatoi per l'utilizzo. Tuttavia il GN a pressione atmosferica è molto voluminoso (1 m<sup>3</sup> di GNL contiene 600 m<sup>3</sup> di GN), è difficile stoccarlo e può essere trasportato solo con un gasdotto, per questo motivo la fornitura di GN non è sempre conveniente dal punto di vista economico, logistico e ambientale se l'utilizzatore non è collegato ad una rete di gas.

Gli utilizzi più probabili riguardano la produzione di energia elettrica e il carburante per il trasporto terrestre.

Per le **centrali termoelettriche** sono allo studio vari schemi basati su unità galleggianti installate in mare aperto, che garantiscono la ricezione e lo stoccaggio del GNL, nonché la rigassificazione e il convogliamento del GN ai serbatoi delle centrali. Questa opzione tecnica non comporterebbe la circolazione di motocisterne di GNL in Corsica

La tabella seguente sintetizza in maniera qualitativa le modalità e le probabilità di realizzazione tecnica degli impianti per i diversi utilizzi.

<b>Utilizzi potenziali del GNL</b>	<b>Soluzione tecnica di fornitura prevista</b>	<b>Probabilità di realizzazione</b>
Produzione di energia elettrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GNL ricevuto e stoccato al largo in stazioni dedicate</li> <li>• Rigassificazione e trasporto del GN, mediante condotte sottomarine, a terra e ai serbatoi delle centrali termoelettriche</li> </ul>	<b>Alta</b> (gara del Ministero in corso per selezionare il gestore della soluzione)
Carburante per il trasporto terrestre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rifornimento delle stazioni di servizio tramite iso-container di GNL o motocisterne GNL</li> <li>• Stoccaggio in stazione di servizio e rigassificazione per erogare il GNC alla pompa</li> </ul>	<b>Media:</b> richiede politiche indicative di conversione del parco + catena logistica di approvvigionamento poco virtuosa con motocisterne GNL da FOS
Carburante marino	Bunkeraggio di GNL con una nave bunker dal continente	<b>Molto bassa:</b> nessun interesse economico né ambientale
Rete gas di città	Trasformazione delle stazioni di Loretto e Arinella e fornitura di GNL con autocarro	<b>Bassa:</b> forti investimenti, vantaggio ambientale da confermare con la catena di fornitura con autocarro
Energia isolata	Fornitura con iso-container GNL	<b>Molto bassa:</b> investimento, rischi del prodotto, catena di fornitura
Alimentazione elettrica delle navi ormeggiate	Fornitura con ISO-container GNL	<b>Bassa:</b> impatto ambientale da confermare con la catena di fornitura via strada

Nei capitoli seguenti viene illustrato uno scenario di utilizzo del GNL come carburante per veicoli secondo un'ipotesi di conversione del 15% del parco veicoli della Corsica e l'utilizzo del 25% delle stazioni di servizio esistenti che possano offrire GNC a base di GNL.

### 2.3 Modellizzazione per GNL come carburante per autoveicoli

La stima del fabbisogno di GNL come carburante per i veicoli leggeri e pesanti in Corsica parte dalla conoscenza dell'entità del parco veicolare, dalla capacità della rete distributiva (stazioni di servizio in grado di distribuire il GNL) e dall'accessibilità stradale (percorsi per i mezzi pesanti che trasportano GNL). La tabella seguente illustra la dimensione del parco veicolare e sintetizza le ipotesi alla base della stima del fabbisogno di GNL.

Ipotesi	Caratteristiche
<b>Dimensioni del parco auto e camion in Corsica</b>	Auto: 190.000 u e Camion: 10.000 u (fonte DREAL 2016 per camion e stampa per le auto)
<b>Tassi di conversione al GNL</b>	Auto: 15% e Camion: 15% (fonte PPE 2015 Corsica)
<b>Numero di KM percorsi / anno</b>	Auto: 15.000 km/anno e camion: 25.000 km/anno (ipotesi See'up)
<b>Consumo di GNC (kg/100 km)</b>	Auto: 5 kg/100 km e Camion: 15 kg/100 km (Fonte: <a href="http://www.catalgaz.fr/gnv-economie/">http://www.catalgaz.fr/gnv-economie/</a> )

Tabella 18 - Ipotesi per la stima del consumo di GNL/anno del parco veicoli leggeri e pesanti

Il consumo stimato in GNL/anno del parco veicolare terrestre è di seguito sintetizzato:

- Auto: 49.160 m<sup>3</sup> di GNL/anno;
- Camion: 12.940 m<sup>3</sup> di GNL/anno;
- Auto + Camion: 62.100 m<sup>3</sup> di GNL/anno.

Sulla base dei dati riportati nella Tabella 19, considerando un rifornimento alla settimana per ognuna delle 25 stazioni di GNL (50 rifornimenti/stazione/anno), si genererebbe un flusso di 1.242 camion/anno ognuno dei quali in grado di rifornire una sola stazione alla volta.

Ipotesi	Caratteristiche
<b>Volume di GNL trasportato da una motocisterna di rifornimento</b>	50 m <sup>3</sup> di GNL/motocisterna
<b>Dimensione media del serbatoio di GNL di una stazione</b>	50 m <sup>3</sup> di GNL/stazione
<b>Numero di stazioni di servizio in Corsica</b>	125 stazioni di servizio
<b>Percentuale di stazioni di servizio dotate di GNL</b>	20%

Tabella 19 - Ipotesi per la stima del numero di rifornimenti alle stazioni di servizio GNL all'anno

La scelta delle 25 stazioni di servizio equipaggiate con GNL è stata determinata da tre parametri:

- L'accessibilità stradale per gli autocarri che trasportano il GNL;
- La densità di popolazione circostante (nelle aree urbanizzate);
- La copertura territoriale.

Per quanto riguarda l'accessibilità stradale le stazioni dovranno essere localizzate su

La rete principale (strade statali) evitando i tratti individuati come non percorribili dagli autocarri che trasportano GNL: Bastia – Biguglia (galleria) e Portu – Carghjess.

## 2.4 Accessibilità e impatti da traffico

L'accessibilità è stata valutata sulla base dei tempi di viaggio e delle distanze dal porto di Lisula (porto di sbarco dei mezzi provenienti dal continente). I tempi di viaggio sono stati valutati considerando le velocità ammissibili nei diversi tronchi stradali sia in relazione ai limiti massimi imposti per i mezzi che trasportano le sostanze pericolose, sia alle condizioni del tracciato stradale che spesso limitano le velocità di viaggio.

Le norme per il trasporto di sostanze pericolose ed esplosive impongono i seguenti limiti di velocità:

- Velocità massima autorizzata in autostrada: 80 km/h;
- Velocità massima autorizzata nelle strade principali: 60 km/h;
- Velocità massima autorizzata nelle aree urbane (salvo eccezioni): 50 km/h.

Per tener conto delle reali velocità che possono svilupparsi nel territorio corso sono stati considerati i seguenti valori per classe gerarchica di collegamento.

- Collegamenti principali: 55 km/h;
- Collegamenti regionali:
  - 2 corsie larghe: 50 km/h;
  - 1 corsia o 2 corsie strette: 40 km/h.
- Collegamenti locali: 30 km/h.

Nelle immagini seguenti è illustrato il grafo della rete stradale utilizzabile per il rifornimento del GNL (Figura 66) e la gerarchizzazione stradale alla quale fanno riferimento i limiti sopramenzionati (Figura 67).

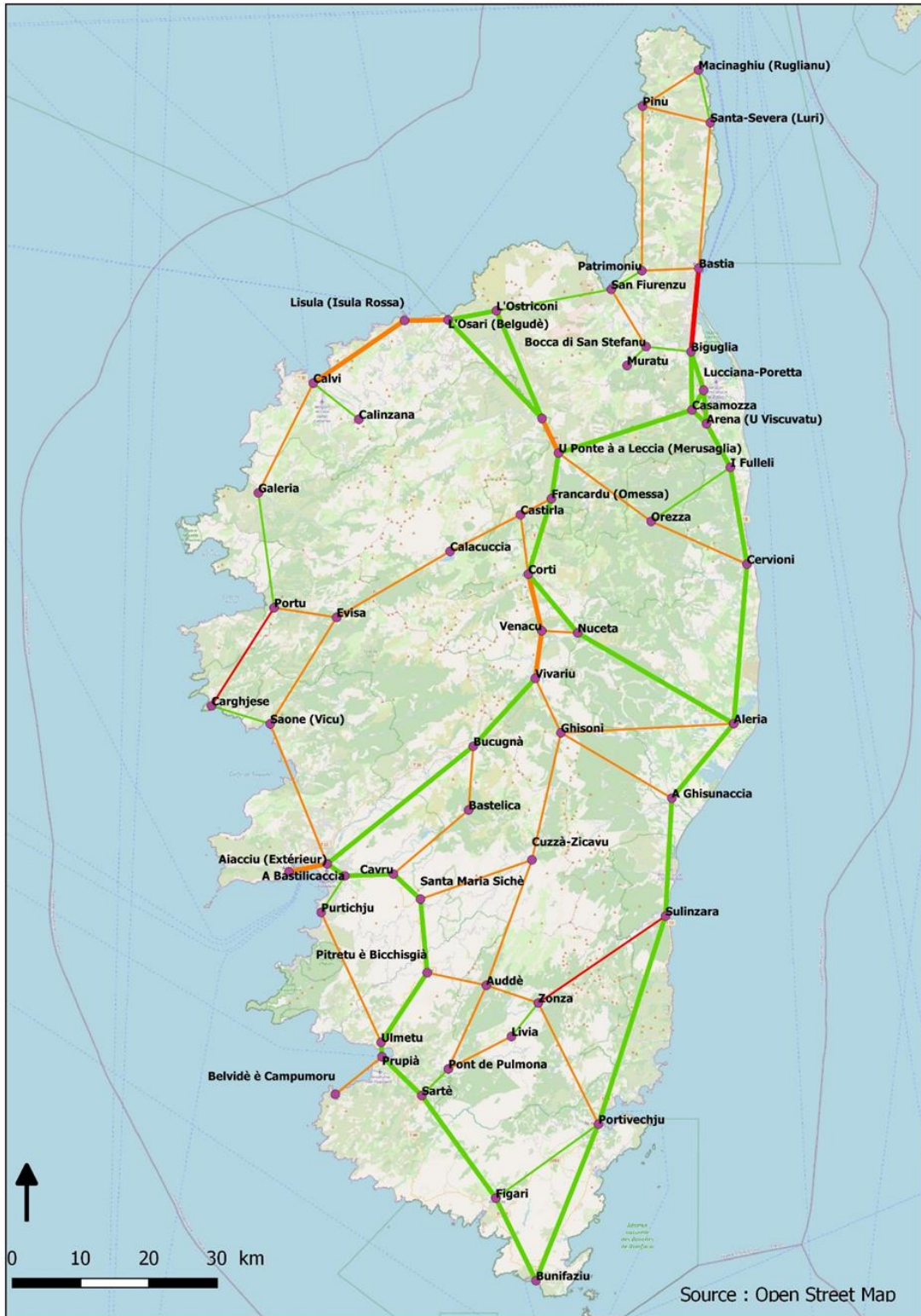


Figura 66 - Mappa indicante le tratte utilizzabili per i rifornimenti di GNL

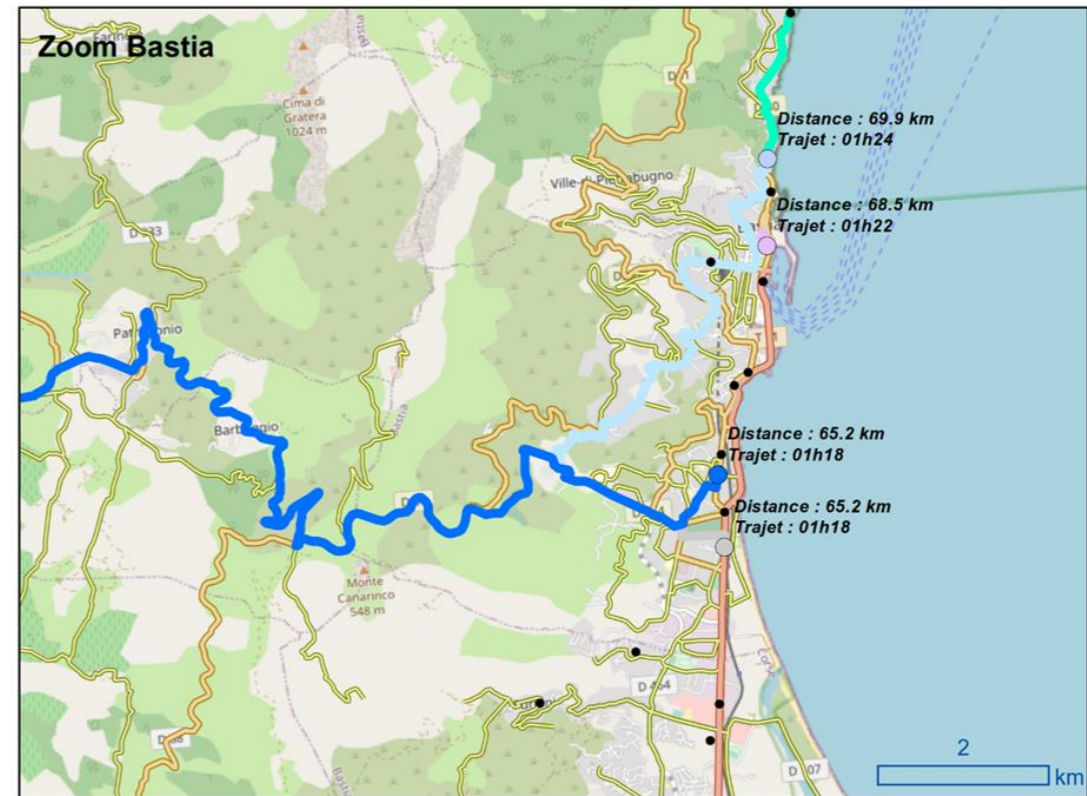
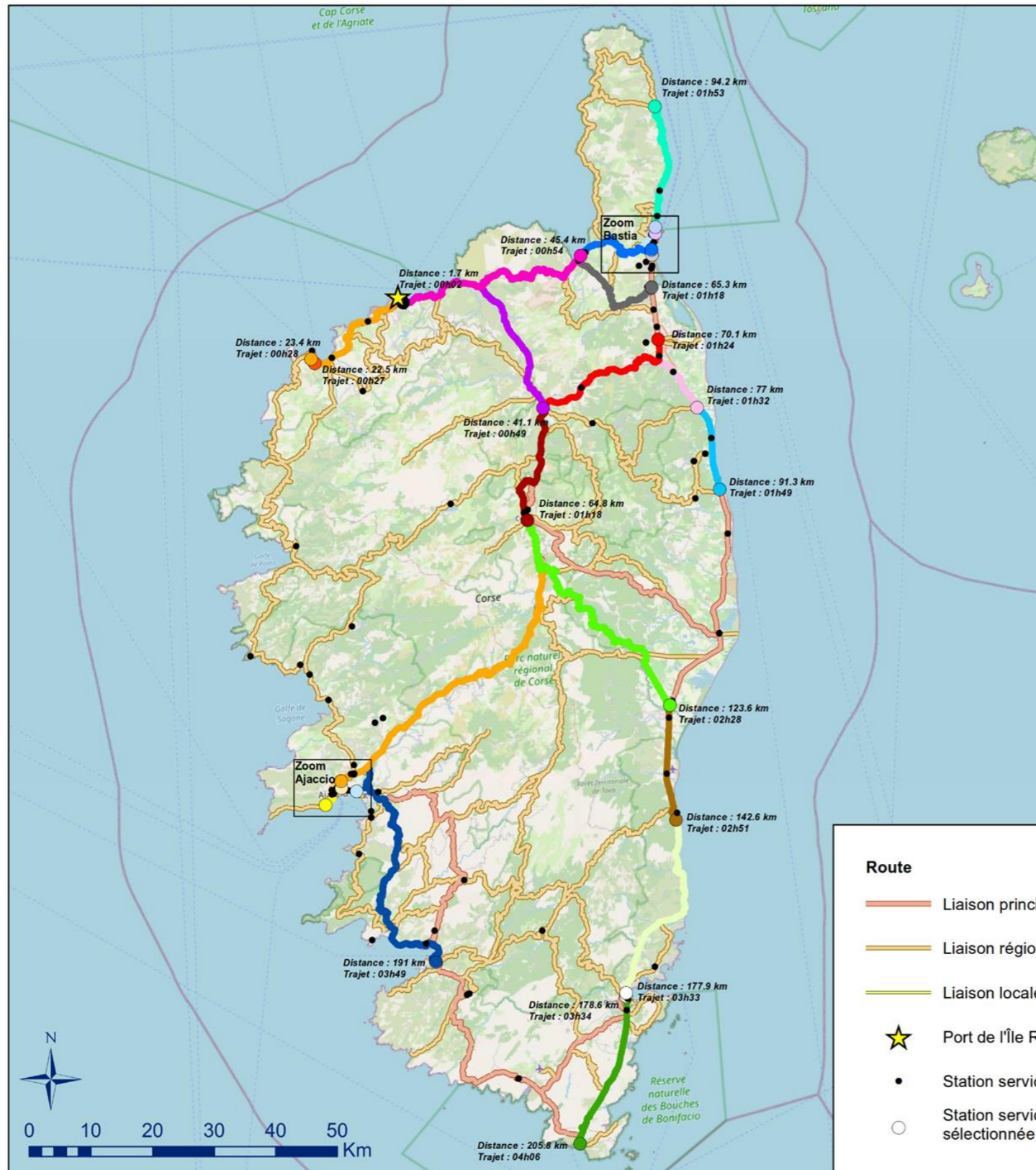















Figura 67 - Mappa indicante le stazioni di servizio proposte per il rifornimento in GNL con indicazione dei tempi di percorrenza e della distanza dal porto di Lisula

	Localizzazione	Asse stradale		Tempi di percorrenza da Lisula (ore)	Distanza da Lisula (Km)
1	Bastia sud aeroporto, LUCCIANA, RN 193 cruccetta	N 193		0:01:24	70
2	Bastia sud Biguglia, Relais du Lancone - RN 193	N 193		0:01:18	65
3	Bastia sud Montesoro, L'Arinella - RN 193	N 193		0:01:18	65
4	Bastia centro, 556 Avenue de la Libération	N 193		0:01:18	65
5	Galleria nord Bastia, Route du Cap, VILLE-DI-PIETRABUGNO	D 80		0:01:24	70
6	Bastia Porto, 21 Rue Comandante Lucé de Casabianca	N 193		0:01:22	69



	Localizzazione	Asse stradale		Tempi di percorrenza da Lisula (ore)	Distanza da Lisula (Km)
7	Corsica Nord santa severa, Località Santa-Severa, Luri	D 80		0:01:53	94
8	Ghisonaccia	N 193		0:02:28	124
9	Porto Vecchio centro, Les 4 Chemins	N 198		0:03:34	179
10	Porto Vecchio Nord	N 198		0:03:33	178
11	Sari-Solenzara	N 198		0:02:51	143
12	Cervione, PRUNETE	N 198		0:01:49	91

Localizzazione	Asse stradale		Tempi di percorrenza da Lisula (ore)	Distanza da Lisula (Km)	
13	Folelli, Penta-di-Casinca	N 198		0:01:32	77
14	Bonifacio, sennola	N196		0:04:06	206
15	Propriano, San Giuseppe	N 196		0:03:49	191
16	Ajaccio Sud - aeroporto, VIGNETTA ROUTE DE CAMPO DELL'ORO	N 193		0:02:46	139
17	Ajaccio Sud, Quartiere St Joseph	N 193		0:02:48	140
18	Ajaccio Est, Boulevard Louis Campi	D 31		0:02:46	139
19	Ajaccio Nord, 65 COURS LUCIEN BONAPARTE	D111		0:02:53	144







	Localizzazione	Asse stradale		Tempi di percorrenza da Lisula (ore)	Distanza da Lisula (Km)
20	Corte, 6 Avenue du 9 septembre	N 193		0:01:18	65
21	Calvi centro, Avenue Christophe Colomb	N 197		0:00:28	23
22	Calvi, Avenue Christophe Colomb	N 197		0:00:27	23
23	Ponte Leccia, Morosaglia	N 197		0:00:49	41
24	Saint Florent	D 81		0:00:54	45
25	L'île Rousse, 29, Ave Pdt Paul Doumer	N 197		0:00:02	2

Tabella 20 - tempi e distanze percorse per il rifornimento alle 25 stazioni proposte

Il tempo medio di consegna ad una stazione dal porto di Lisula è di **1 ora e 57 min/stazione** e la distanza media è di **98 Km/stazione**. Considerando anche i viaggi di rientro dei camion si genererebbe una percorrenza complessiva pari **244.600 vei\*km di traffico pesante all'anno** che andrebbe ad insistere su una viabilità complessivamente poco favorevole al trasporto di GNL a causa della presenza di molte strade strette e tortuose, dalle pendenze e dalle condizioni gravose che si verificano in alcuni periodi invernali. Di questo fatto occorre tenerne conto nella fase di implementazione del piano, adeguando la viabilità laddove è necessario e anche prevedendo orari di transito dei mezzi che limitino i disagi nelle fasce della giornata più trafficate.

Per quanto riguarda gli impatti locali al porto di Lisula, essendo l'unico porto di ingresso, si creerebbe un flusso di 25 automezzi pesanti alla settimana aggiuntivi rispetto all'attuale flusso di mezzi (auto e camion) che andrebbe anche valutato in relazione alla capacità di trasporto delle navi.

## **2.5 Il modello di traffico della Corsica**

Il modello di traffico della Corsica è stato realizzato con il fine di rappresentare il sistema di trasporto stradale utilizzabile per la distribuzione terrestre del GNL e ricavare gli indicatori di accessibilità e di impatto da traffico generato dai mezzi di trasporto aggiuntivi nella rete.

Il modello fa riferimento a tutto il territorio regionale con dei dettagli maggiori nei grandi agglomerati di Aiaccio e Bastia.

### **2.5.1 Grafo di rete**

Il grafo di rete include le seguenti strade:

- strade classificate come “Collegamenti Regionali” e “Collegamenti Principali” nella banca dati IGN
- strade di accesso agli agglomerati urbani con popolazione superiore ai 600 abitanti
- strade di accesso a zone turistiche:
  - Settore Orezza in Castagniccia,
  - Settore Niolu,
  - Comuni di Ruglianu, Ghisoni, Bastelica, Evisa, Auddè, Cuzzà / Zicavu, Belvidè è Campumoru, Ota.
- ulteriori strade di accesso ai rifornitori di GNL non comprese nei punti precedenti

I grandi agglomerati di Aiaccio e Bastia comprendono:

per Aiaccio:

- i 10 comuni che compongono la Communauté d'Agglomération du Pays Ajaccien (CAPA);
- i comuni di A Bastilicaccia, Eccica è Suareda e Cavru;
- la riva meridionale del Golfo di Aiaccio.

per Bastia:

- i 5 comuni della Communauté d'Agglomération de Bastia (CAB);
- i 10 comuni della Comunità dei Comuni Marana-Golo;
- il comune di Brandu, a nord;
- i comuni della Pianura fino a Fulleli (A Penta di Casinca), a sud.

Gli archi stradali costituiscono dei tronchi omogenei di strada e sono identificati da una coppia di nodi, ciascuno dei quali può essere rappresentativo di:

- una intersezione;
- il punto terminale di un "vicolo cieco"
- il cambio di caratteristiche stradali

La Tabella 21 illustra i dati presi in considerazione per la costruzione della banche dati del sistema di trasporto, la Figura 68 e la Figura 69 rispettivamente la mappa delle strade e dei nodi e il grafo di rete corrispondente.

Il dettaglio del grafo di rete nei grandi agglomerati di Aiaccio e Bastia sono invece raffigurati nelle immagini di Figura 70, Figura 71, Figura 72 e Figura 73.

Tema	Fonte dei dati	Criteri di selezione e controlli
Rete stradale in tutta la Corsica	IGN Route 500® (20/04/2018)	Riferimenti incrociati con altre fonti di dati disponibili (fotografie aeree, Google Maps)
Demografia	INSEE - popolazioni legali il 1° gennaio 2020	
Ripartizioni amministrative	Base des EPCI à fiscalité propre au 1 <sup>er</sup> gennaio 2020, INSEE	Tenendo conto delle Comunità di Agglomerati e delle Comunità di Comuni
Fondo	Mappa stradale	
Punti di erogazione del carburante	Open data, Ministero dell'Economia, 20&4	Considerazione sistematica dei punti di distribuzione (anche se identificati come chiusi)
Progetti stradali	Master Plan delle Strade Territoriali in Corsica	Considerazione di progetti su strade territoriali Verifica sistematica dell'avanzamento del progetto (nelle recenti comunicazioni aziendali e nelle fotografie aeree) Riferimenti incrociati con i dati di altri attori istituzionali (Dipartimenti e intercomunalità nelle aree di Aiacciu e Bastia)
Caratteristiche della strada (geometria, limitazioni del traffico, limiti di velocità, incroci, passaggi a livello,...)	Mappatura IGN Mappatura Google Maps Fotografie aeree Google Street View	Verifica sistematica per tutti gli assi identificati con controllo incrociato delle fonti di dati
Traffico stradale: traffico giornaliero medio annuo, tariffa.	Rapporti di collettività territoriale (dati 2018 con ulteriori dati 2012) Classificazione acustica delle infrastrutture di trasporto (Prefetture 2A e 2B)	Riferimento incrociato delle fonti di dati La classificazione acustica delle infrastrutture di trasporto consente di individuare strade con un traffico giornaliero medio di oltre 8.200 veicoli.
Velocità medie	Simulazioni su Google Maps	Controlli a campione in base alla tipologia di strada
Manutenzione invernale	IGN	Altitudine superiore a 900 m

Tabella 21 – Dati considerati e relative fonti



Figura 68 - Carta geografica dei nodi della rete

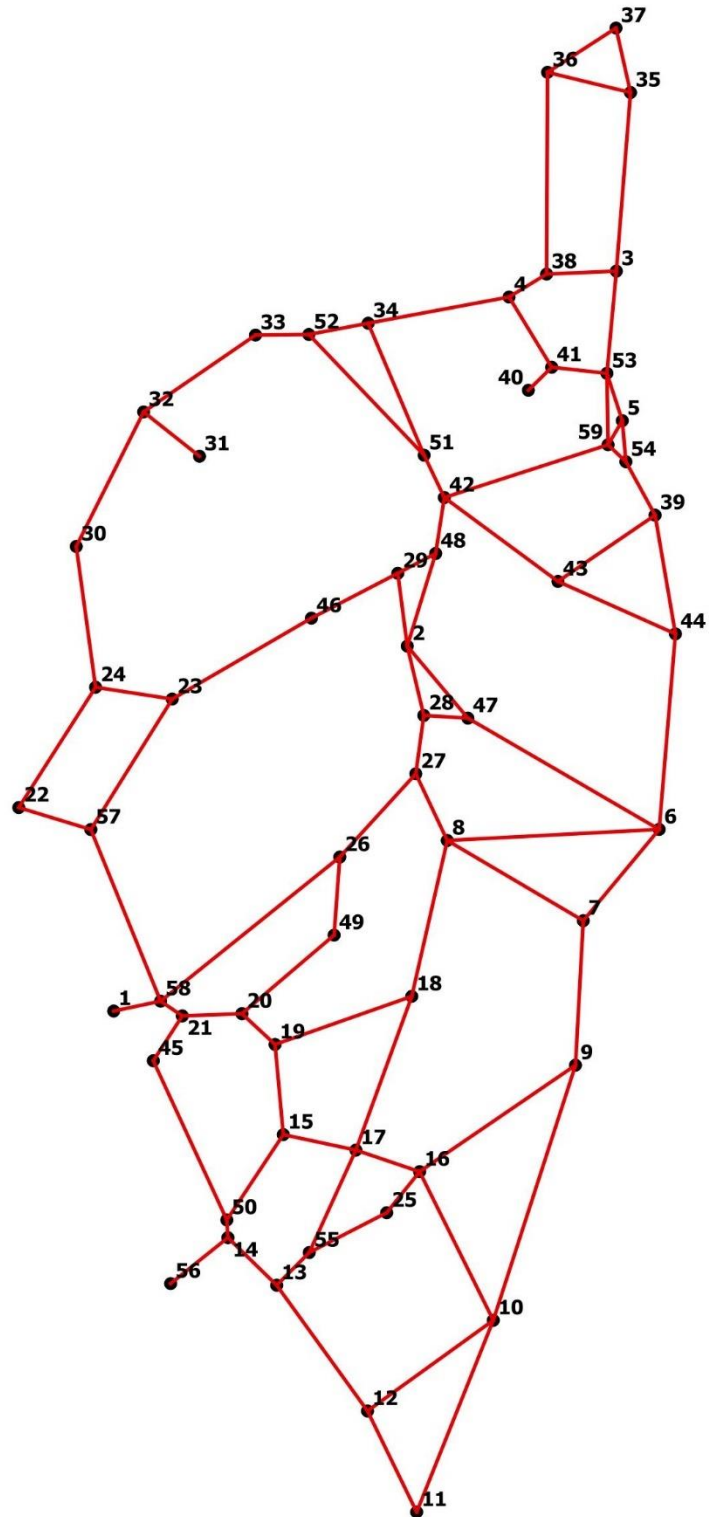


Figura 69 - Grafo di rete (tutta la Corsica)





Figura 70 - Mappa di localizzazione geografica dei nodi della rete dell'agglomerato di Ajaccio

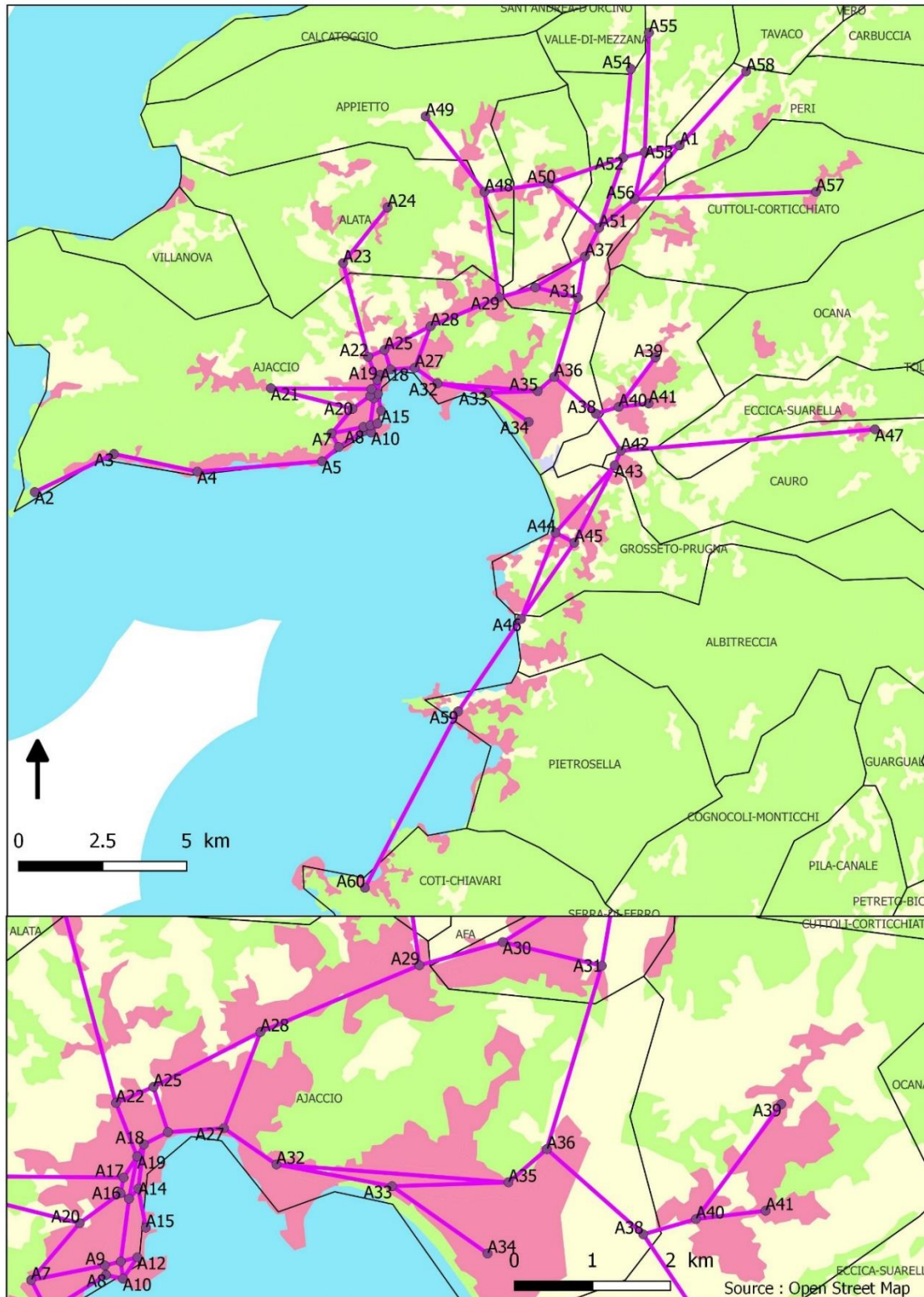


Figura 71 - Grafo di rete dell'agglomerato di Ajaccio

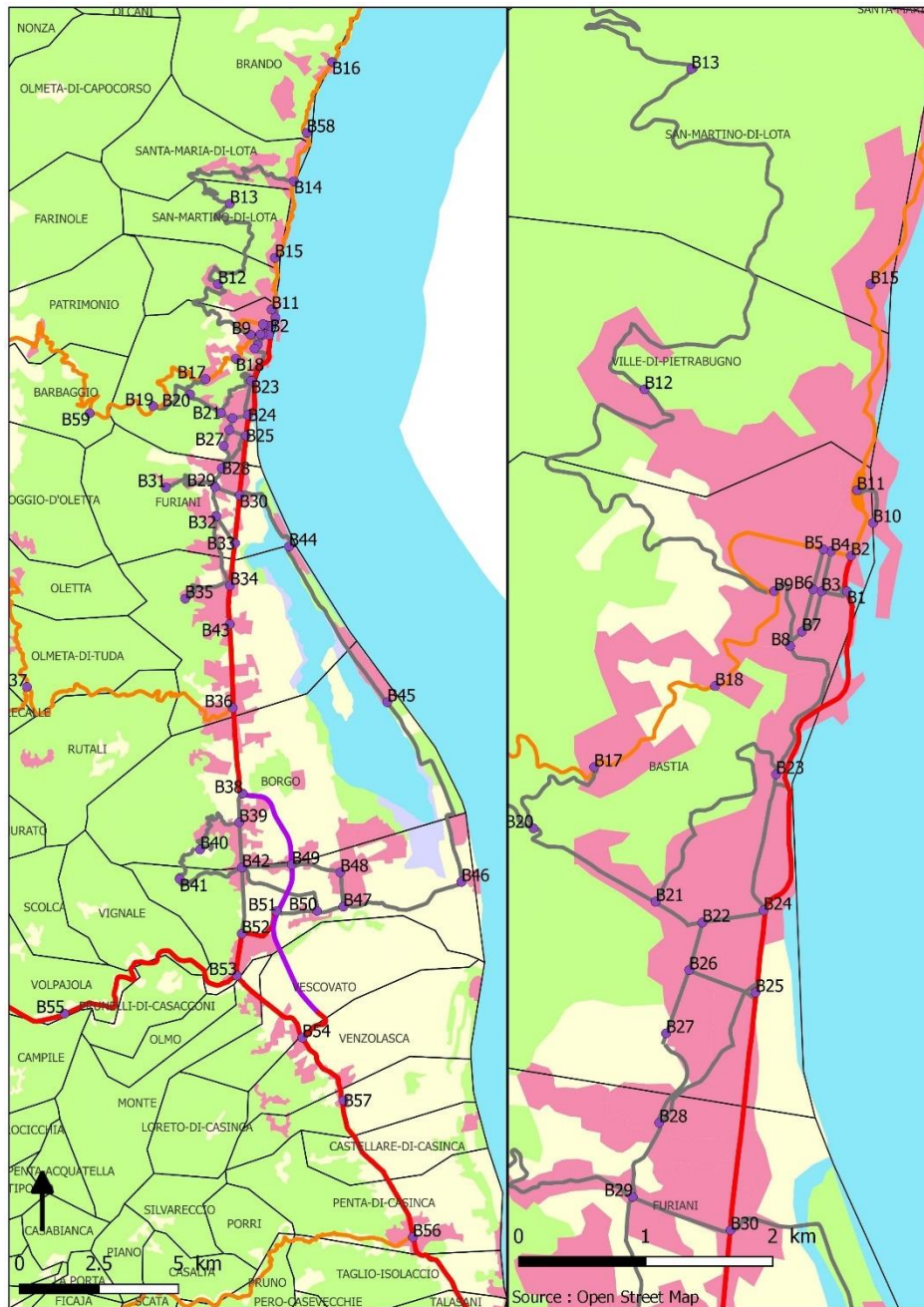


Figura 72 – Mappa geografica dei nodi della rete del grande agglomerato di Bastia

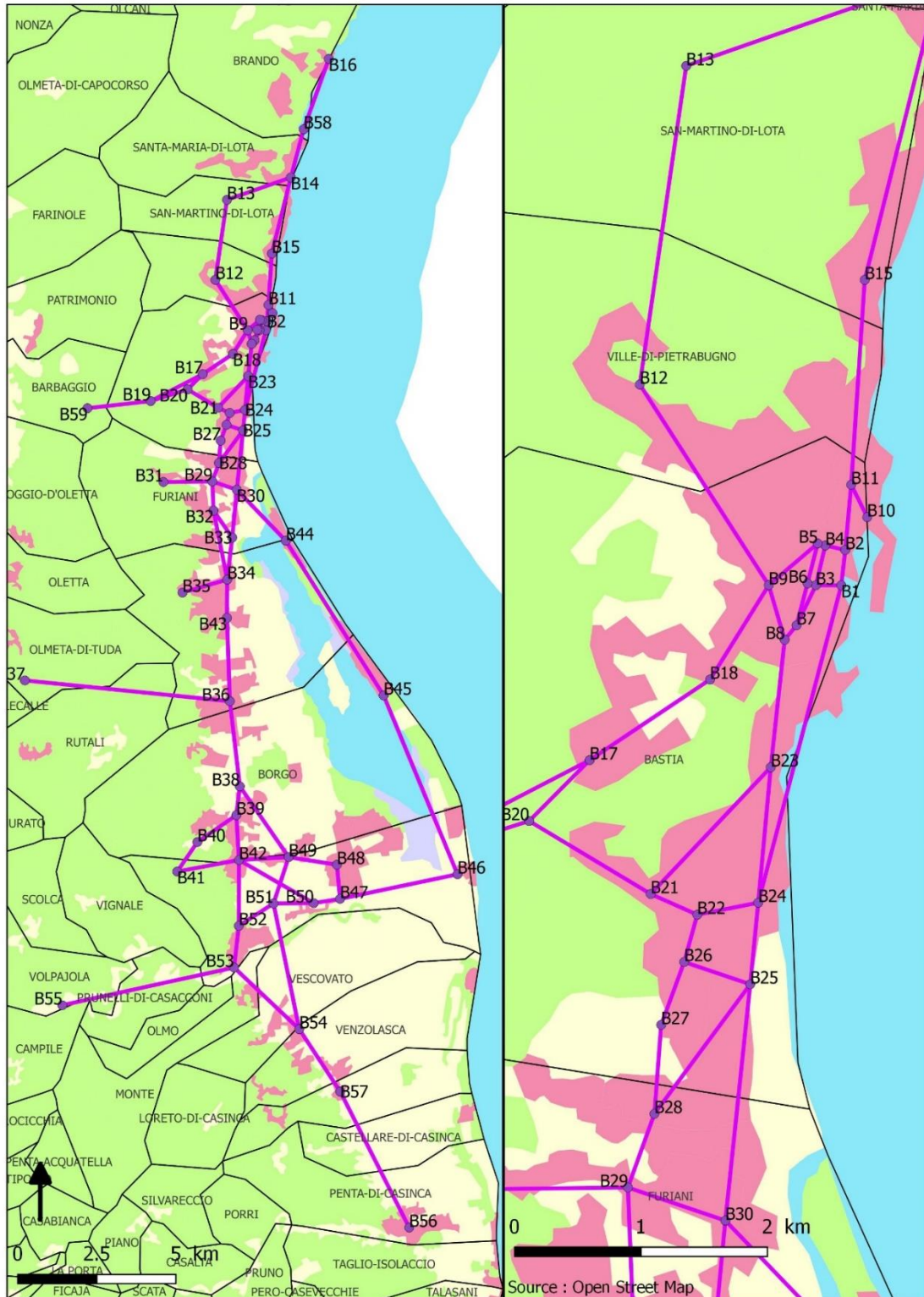


Figura 73 - Grafo di rete dell'agglomerato di Bastia

## 3 La Sardegna

### 3.1 Il sistema insediativo

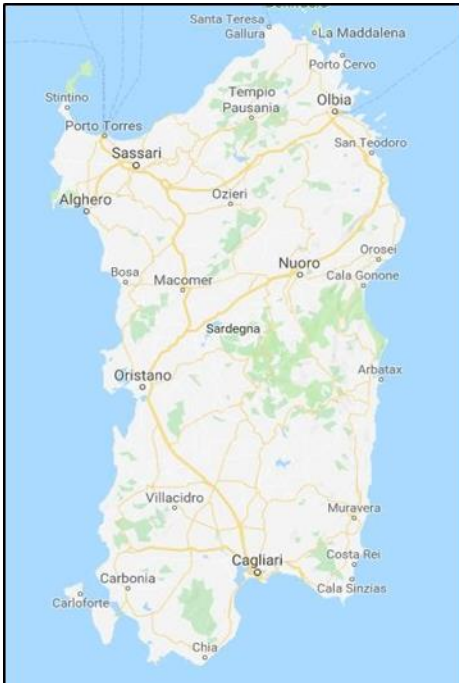


Figura 74 - La Regione Sardegna

La Sardegna ha un'estensione di 23.833 km<sup>2</sup>, è la seconda isola per superficie del Mediterraneo, e con 1.849 km di coste è la regione italiana con il maggiore sviluppo costiero (la Sardegna e le sue isole minori includono più di un quarto dell'intero sviluppo costiero italiano). Occupa una posizione centrale nel bacino occidentale del Mediterraneo, trovandosi ad una distanza dalla costa toscana e da quella africana di circa 140 km e ad una distanza dalla costa ligure, dal sud della Francia e dalle Isole Baleari di circa 350/360 km. I porti di Porto Torres e di Santa Teresa di Gallura distano dalla Corsica rispettivamente 120 e 20 km circa. L'isola si estende in latitudine per circa 270 km e in longitudine per circa 145 km. Il capoluogo di regione è Cagliari. L'altitudine media dei rilievi è di 380 m s.l.m., ciò permette di considerare la Sardegna come prevalentemente collinare. Ma dal punto di vista paesaggistico, la regione presenta notevoli aspetti più strettamente montani. Il Campidano

costituisce la principale area di pianura, con un'estensione di 2350 km<sup>2</sup> e una lunghezza di circa 110 km tra il Golfo di Oristano e quello di Cagliari.

### 3.2 L'assetto demografico

La popolazione residente complessiva in Sardegna ammonta a circa 1.640.000 abitanti (ISTAT\_Dicembre 2018) distribuita sulla base di una suddivisione territoriale di 377 comuni accorpatis in 4 province ed una città metropolitana: Province di Sassari, Nuoro, Oristano, del Sud Sardegna e la Città Metropolitana di Cagliari.

La concentrazione della popolazione negli ambiti urbani è modesta, pari a 69 ab./km<sup>2</sup>, valore sensibilmente al di sotto della media nazionale ed europea. Disaggregando questo dato a livello provinciale come mostra la Tabella 22, si può notare un valore minimo nella provincia di Nuoro, chiaro segno di una persistente diminuzione della popolazione nelle zone interne, contrapposto ad un rafforzamento dei poli urbani e metropolitani attraverso lo spostamento di interi nuclei familiari verso la città e le coste.

Provincia	Densità di popolazione (ab/km <sup>2</sup> )
Sassari	64,22
Nuoro	37,69
Oristano	52,84
Sud Sardegna	54,68
Città metropolitana di Cagliari	345,87

Tabella 22 - Densità di popolazione nelle province della Sardegna

Il fenomeno dello spopolamento delle zone interne è ulteriormente aggravato dal fenomeno di invecchiamento che caratterizza queste aree: è evidente che la scarsa presenza di risorse giovani nelle zone rurali rischia di pregiudicare le ipotesi di sviluppo a esse rivolte. La tendenza all'integrazione costa-entroterra si incomincia a intravedere in alcuni ambiti territoriali, soprattutto nel versante orientale, dove il settore turistico ha sviluppato rapporti economici con territori che diventano sempre più ampi e ha prodotto un'organizzazione insediativa caratterizzata da maggiore interrelazione tra i comuni costieri e quelli interni. La tendenza al rafforzamento dei comuni costieri ad economia turistica ha assunto carattere strutturale, di continuità nel tempo e di diffusione nel territorio. Lo spostamento di popolazione avviene da tutti i comuni dell'isola non ubicati sulla costa verso tutti i comuni costieri, con pochissime eccezioni.

La Sardegna dal punto di vista dell'assetto insediativo risulta divisa nettamente in due grandi ambiti: la fascia costiera interessata da una dinamica espansiva costante, più o meno accentuata nelle diverse zone, e il resto del territorio con una dinamica di segno opposto, che causa un progressivo preoccupante spopolamento.

Nella Tabella 23 viene mostrata l'evoluzione della popolazione in Sardegna nel corso degli anni 2016, 2017 e 2018.

ANNO	2016	2017	2018	Var.% dal 2016 al 2017	Var.% dal 2017 al 2018
<b>Totale Regione</b>	1,658,138	1,653,135	1,648,176	0.001383	0.002326
<b>Sassari</b>	494,471	493,788	492,642	0.005175	0.006925
<b>Nuoro</b>	213,086	211,989	210,531	0.005328	0.004371
<b>Oristano</b>	160,766	159,914	159,218	0.006022	0.006172
<b>Sud Sardegna</b>	358,158	356,014	353,830	0.000526	-0.00122
<b>Città Metropolitana di Cagliari</b>	431,657	431,430	431,955	0.003026	0.003009

Tabella 23 - Popolazione anni 2016-2017-2018 per provincia (ISTAT)

Nella Figura 75 viene rappresentata graficamente la distribuzione della popolazione nelle province riferita all'anno 2018.

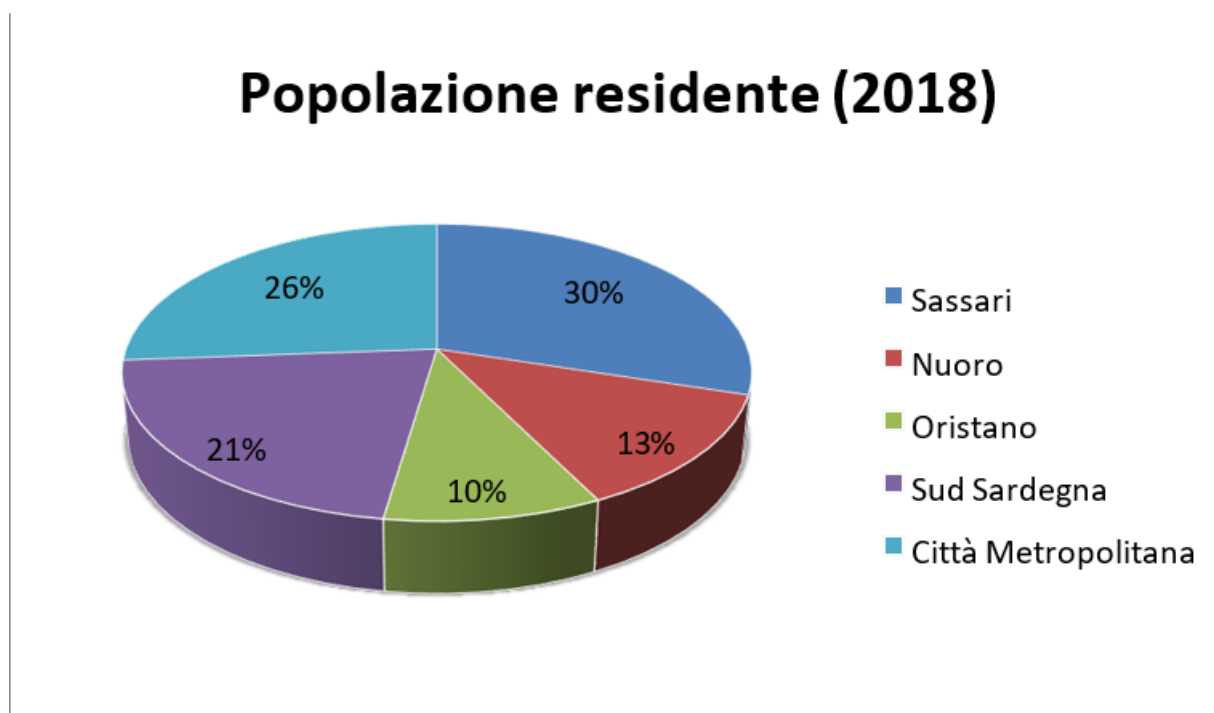


Figura 75 - Distribuzione della popolazione nelle province delle Sardegna\_2018 (ISTAT).

Il sistema insediativo della Sardegna presenta polarità urbane di diverso grado:

- le tre polarità principali delle aree urbane di Cagliari, Sassari-Alghero e Olbia, in cui l'integrazione del settore turistico con gli altri settori produttivi e con il terziario istituzionale e commerciale ha determinato un'organizzazione spaziale tipica di città diffusa;
- le polarità secondarie di Nuoro, Oristano, Iglesias-Carbonia, Tempio- Ozieri, Muravera e Tortolì, centri di riferimento di sub-sistemi insediativi locali;
- il sistema multipolare degli insediamenti del Campidano, che tende a configurare un asse continuo a carattere urbano tra l'area cagliaritana e quella oristanese;
- il sistema turistico costiero che ha acquistato un potenziale demografico cospicuo in valore assoluto ed ancor più importante in termini relativi rispetto al territorio interno; l'assetto insediativo della fascia costiera è caratterizzato da pesi più accentuati e strutture organizzative territoriali più consolidate sul lato orientale, ma sono ben riconoscibili tendenze all'espansione e al rafforzamento anche nel restante perimetro dell'isola.

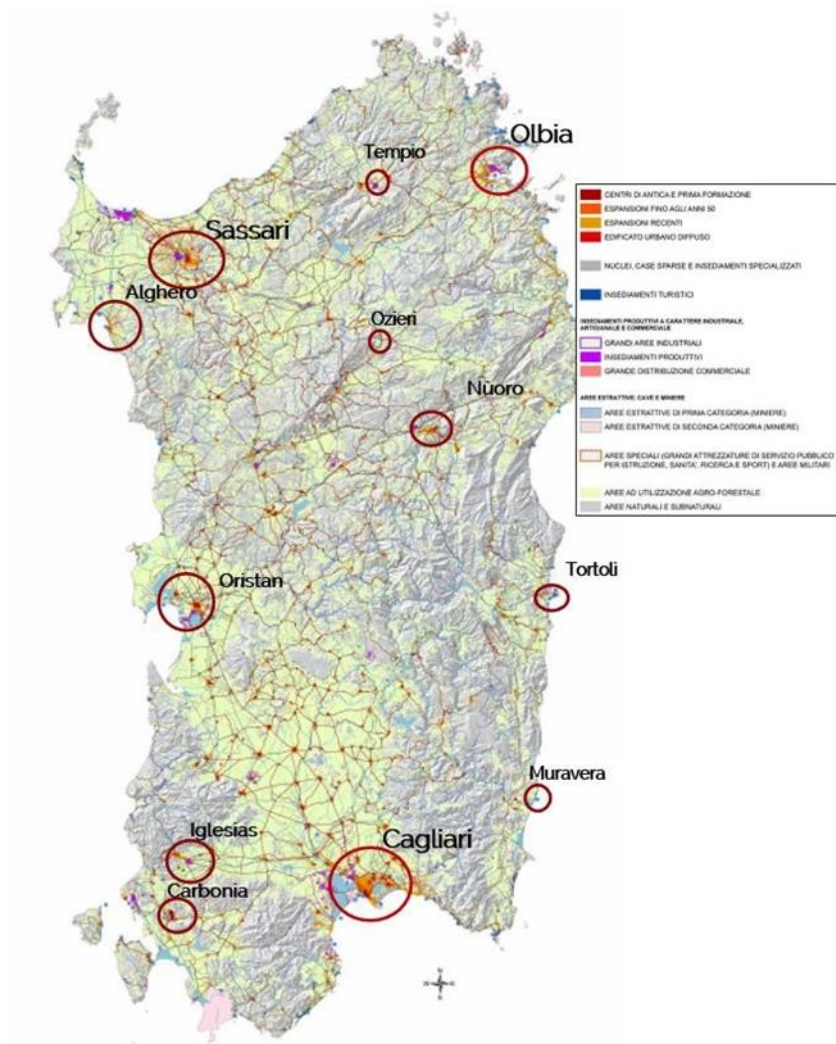


Figura 76 - Cartografia dell'assetto insediativo della Sardegna<sup>22</sup>

### 3.3 Il contesto trasportistico

Ad ausilio della pianificazione della rete distributiva di GNL in Sardegna, viene di seguito analizzato il contesto trasportistico regionale in relazione ai sistemi aeroportuali, ferroviari, portuali e stradali. Particolare attenzione verrà rivolta al sistema portuale e stradale da cui dipende la distribuzione interna nel territorio del GNL.

<sup>22</sup> Piano Paesaggistico Regionale –Assetto Insediativo Tav.4 (Regione Autonoma della Sardegna)



### 3.3.1 Connessione con l'esterno

Lo schema di assetto del sistema complessivo dei trasporti interconnette la Sardegna con il versante settentrionale del continente italiano ed europeo (direttrice longitudinale Tirrenica) e con quello centrale (direttrice trasversale).

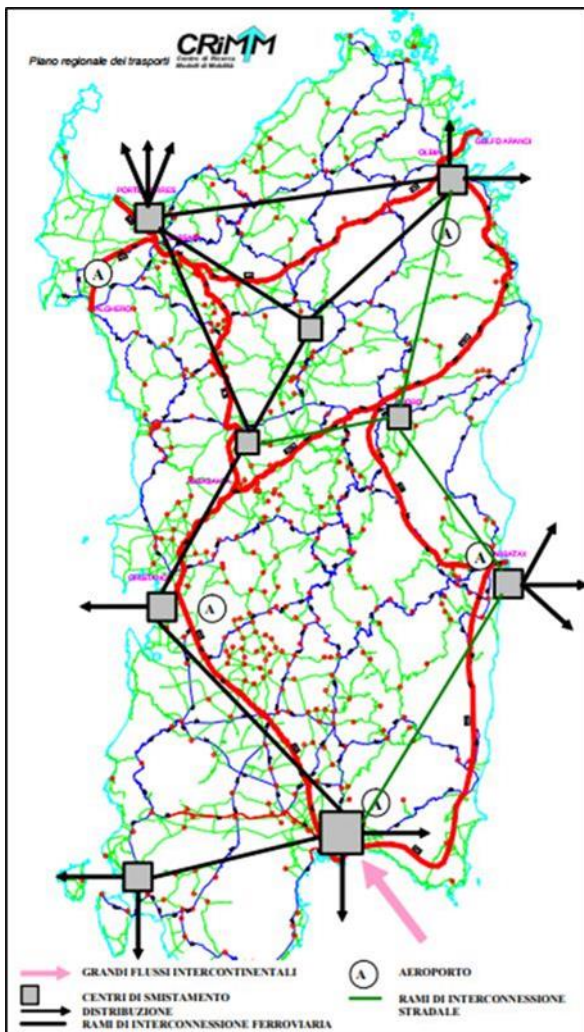


Figura 77 - Struttura Nodo- Regione-Città (fonte: Cirem – Piano Regionale dei Trasporti)

In questo contesto i principali gates di continuità delle direttrici plurimodali (passeggeri e merci), sono rappresentati dai sistemi insediativo-transportistici di Cagliari (città, porto, aeroporto, area industriale), Sassari-Alghero-Porto Torres (città, porto, aeroporto, area industriale), e Olbia-Golfo Aranci (porto, aeroporto).

Tale impostazione consente di individuare un sistema dei trasporti con un primo livello di servizio, cosiddetto di integrazione europea, nazionale e regionale costituito dalle linee di forza che costituiscono gli archi, i nodi ed i servizi di linea che appartengono al corridoio plurimodale Sardegna/Continente. La Sardegna, in virtù della sua posizione baricentrica mediterranea, aspira, attraverso la forte interconnessione tra i suoi aeroporti e tra essi e le altre realtà regionali, a proporsi quale nodo unico di una più vasta maglia del trasporto aereo nazionale ed internazionale, tale da accrescere le proprie potenzialità economiche e sociali nei confronti delle relazioni esterne.

Nel panorama del contesto infrastrutturale dei trasporti regionali il sistema portuale sardo rappresenta un elemento fondamentale per garantire la continuità territoriale ai cittadini dell'isola ed uno dei fattori più rilevanti dai quali dipende una grande fetta dell'economia isolana, considerato che la quasi totalità degli scambi commerciali da e per l'isola avvengono via mare.

### 3.3.2 Il sistema di trasporto marittimo

Il sistema di trasporto marittimo/portuale, unitamente a quello aereo/aeroportuale, svolge un ruolo determinante nello scenario trasportistico sardo.

Infatti i nodi portuali regionali rivestono un ruolo strategico di "gates" di continuità delle direttrici di trasporto su cui insistono gli itinerari privilegiati di collegamento e le loro infrastrutture e servizi devono poter soddisfare sia le esigenze del trasporto merci che quelle del trasporto passeggeri.



Figura 78 - Il sistema portuale della Sardegna

La classificazione dei porti in Sardegna si articola nel modo seguente

- I Classe, rilevanza economica internazionale
- Porto di Cagliari, costituito dal porto commerciale (interessato dal traffico passeggeri e misto passeggeri/merci, croceristico, da diporto e per la pesca), dallo scalo industriale (noto come Porto Canale), attualmente operativo per il traffico container e

di merci alla rinfusa e con uno scalo per le navi RO-RO e miste RO-RO/Container, dal terminal industriale di Sarroch – Porto Foxi, per complessivi 17 attracchi;

- Porto di Olbia, costituito dal complesso del porto commerciale e industriale di Olbia e dal porto commerciale e il terminale ferroviario e commerciale di Golfo Aranci;
- Porto di Porto Torres, costituito dal porto commerciale e da quello industriale a supporto della relativa zona ed, in particolare, delle raffinerie localizzate nel retroterra portuale;
- Il Classe, rilevanza economica nazionale:
  - Porto di Oristano-Santa Giusta: situato nel versante occidentale dell'isola, attualmente utilizzato unicamente per la movimentazione delle merci (prevalentemente rinfuse secche e liquide)
- III Classe di rilevanza economica regionale e interregionale:
  - Palau,
  - La Maddalena
  - Carloforte
  - Portovesme
  - Santa Teresa di Gallura

L'intera rete è caratterizzata da una elevata variabilità di traffico stagionale, determinata dall'alta concentrazione dei flussi turistici nel periodo estivo. In questo periodo, infatti, vengono attivati nuovi collegamenti, introdotte nuove navi e coinvolti ulteriori scali. Esiste una netta differenza nei livelli di offerta di linee di collegamento fra i porti del Nord e quelli del Sud Sardegna: infatti il numero di collegamenti di navi miste passeggeri merci di corridoio dai porti di Olbia, Golfo Aranci e Porto Torres rappresentano circa il 90 % del totale. Ciò dimostra come questi scali rappresentino il punto privilegiato di ingresso in Sardegna anche per destinazioni situate nel sud dell'isola, in virtù delle forti differenze di tempo nel traghettoamento dai porti dell'Alto Tirreno verso i Porti del Nord e sud Sardegna.

### 3.3.3 Il sistema di trasporto aereo

L'infrastruttura e il servizio di trasporto aereo è uno degli aspetti fondamentali per una realtà insulare come la Sardegna. Essa rappresenta, unitamente al trasporto marittimo, una delle componenti essenziali per la realizzazione del corridoio plurimodale Sardegna – Continente attraverso il quale potrà essere garantita quella "continuità territoriale" necessaria ed indispensabile per impostare le politiche di sviluppo economico, sociale e territoriale della regione.

L'offerta infrastrutturale aerea in Sardegna è costituita dagli scali di Cagliari - Elmas, Olbia – Costa Smeralda ed Alghero



Figura 79 - Mappa dei principali aeroporti della Sardegna (Fonte: Sardegna Mobilità)

### 3.3.4 Connessioni Interne

#### 3.3.4.1 Il sistema di trasporto ferroviario

La rete ferroviaria della Sardegna si estende per circa 1.035 km di lunghezza, di cui 432 km a scartamento ordinario (di cui 50 km a doppio binario – Cagliari/San Gavino) e 609 km a scartamento ridotto. L'esercizio dell'attività ferroviaria nell'isola è attualmente di competenza di due società, rispettivamente il gruppo Trenitalia S.p.A con le 4 linee ferroviarie a scartamento ordinario che compongono la rete principale dell'isola, e l'ARST S.p.A. che gestisce le restanti 5 tratte attive nel trasporto pubblico, tutte a scartamento ridotto,

costituenti la rete secondaria, estesa per 205 km. In Sardegna il trasporto interno delle merci è affidato completamente alla gomma, poiché dal 2008 è stata abbandonata la modalità ferroviaria da parte di RFI. La spedizione e l'arrivo delle merci attraverso le Ferrovie dello Stato avveniva esclusivamente su 17 scali abilitati al traffico delle merci di cui solo 14 stazioni erano operative tutto l'anno e 3 stagionali (Villasor, Serramanna e Samassi).

Le stazioni abilitate nell'ambito regionale sono così suddivise:



- in Provincia di Cagliari: Cagliari, Elmas Intermodale, Decimomannu, Villasor;
- in Provincia di Carbonia Iglesias: Carbonia;
- in Provincia di Medio Campidano; Samassi, San Gavino, Sanluri Stato, Serramanna;
- in Provincia di Oristano: Oristano;
- in Provincia di Nuoro: Macomer Campeda;
- in Provincia di Sassari: Sassari, Porto Torres, Ozieri Chilivani;
- in Provincia di Olbia Tempio: Monti, Telti, Olbia.

Ad esse si aggiunge l'ex terminal marittimo di Golfo Aranci.

La rete non è elettrificata ed il sistema di trazione è quello diesel. Tutta la rete è attrezzata con SSC (Sistemi di

Supporto alla Condotta) e dotata di un sistema di Controllo del Traffico Centralizzato (CTC).

L'analisi del sistema ferroviario regionale dedicato al trasporto merci assume una particolare importanza nell'ambito di questo progetto. I porti destinati alla costruzione di terminali di rigassificazione in Sardegna, come già espresso precedentemente, saranno quelli di Oristano e Cagliari e si sta avviando l'iter autorizzativo affinché anche il porto di Porto Torres possa accogliere questo tipo di infrastruttura. Nel comune di Villacidro, inoltre, è nato il progetto per la realizzazione della prima stazione di servizio a metano sotto forma di GNL e di GNC della Sardegna.

Le località appena citate hanno un comune denominatore: sono collegate alla rete ferroviaria regionale. In un contesto infrastrutturale stradale come quello della Sardegna, risulta auspicabile individuare nel trasporto ferroviario un sistema alternativo al trasporto delle merci via gomma. Come è noto, quest'ultimo viene effettuato prevalentemente attraverso l'uso dei mezzi pesanti, la cui presenza sulla viabilità stradale incide negativamente sull'efficienza e sulla funzionalità della stessa. La soluzione logistica per il trasporto del GNL mediante convogli ferroviari costituirebbe un'alternativa vantaggiosa per

la riduzione delle emissioni correlate all’approvvigionamento del prodotto, nonché in termini di sicurezza e costi di trasporto. Tale soluzione può essere presa in considerazione anche per l’approvvigionamento verso i bacini di consumo non direttamente serviti dalla rete ferroviaria, considerando l’ipotesi di trasportare su rotaia i recipienti containerizzati (Isotank) per poi eseguire uno scambio modale su gomma per l’ultima tratta del percorso.

### 3.3.4.2 Il sistema di trasporto stradale

Lo schema originario delle infrastrutture stradali in Sardegna è impostato su tre direttrici romane che percorrevano il territorio in senso longitudinale: a ovest (attuale S.S. n°131), sulla costa est (attuale S.S. n°125) e centralmente attraverso le zone interne. Questi itinerari erano, e sono, collegati a nord (attuale S.S. n°200 e S.S. n°127) e a sud (S.S. n°130, S.S. n°195 e SP n°17) su itinerari trasversali prossimi alla costa. Con l’eccezione degli itinerari interni, questo disegno si è sensibilmente rafforzato nel tempo. L’itinerario occidentale Cagliari-Oristano-Sassari-Porto Torres, nel tempo ha assunto il ruolo di asse portante, servito dalla S.S. n°131. Questa, unitamente alla dorsale ferroviaria FF.SS., ai porti e aeroporti dell’area cagliaritano e sassarese, definisce il “Corridoio Plurimodale Sardegna - Continente”.

A partire dagli anni ’60 il sistema è stato integrato con un ulteriore ramo fondamentale (S.S.131 DCN), che pone in rapida comunicazione i terminal portuali e aeroportuali di Olbia-Golfo Aranci con il corridoio sopracitato. Le zone interne settentrionali dell’Isola sono attraversate, oltre che da questo itinerario, anche dai collegamenti ferroviari e stradali (S.S. n°597 e S.S. n°199) lungo il percorso Sassari-Monti-Olbia. Si evince chiaramente nello schema della rete una lacuna infrastrutturale nella parte centro-meridionale dell’Isola. L’analisi della densità territoriale della dotazione infrastrutturale evidenzia una copertura territoriale limitata rispetto alla media nazionale.

Regioni	Strade Regionali e Provinciali [km]	Altre Strade di Interesse nazionale [km]	Autostrade [km]	Strade Regionali e Provinciali [km/10.000 ab]	Altre strade di interesse nazionale [km/10.000 ab]	Strade Regionali e Provinciali [km/100 kmq]	Altre strade di interesse Nazionale [km/100 kmq]	Strade Regionali e Provinciali [km/10.000 autovetture circolanti]	Altre strade di interesse nazionale [km/10.000 autovetture circolanti]
Sardegna	6.111	2.936	0	36,7	17,7	25,4	12,2	60,4	29
Italia	<b>155.668</b>	<b>21.686</b>	<b>6.943</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>52</b>	<b>7</b>	<b>42</b>	<b>6</b>

Tabella 24 - Dotazione infrastrutturale stradale per la Regione Sardegna (valori assoluti) – CNIT 2015-2016

Regioni	Strade Regionali e Provinciali [km]	Altre Strade di Interesse nazionale [km]	Autostrade [km]	Strade Regionali e Provinciali [km/10.000 ab]	Altre strade di interesse nazionale [km/10.000 ab]	Strade Regionali e Provinciali [km/100 kmq]	Altre strade di interesse Nazionale [km/100 kmq]	Strade Regionali e Provinciali [km/10.000 autovetture circolanti]	Altre strade di interesse nazionale [km/10.000 autovetture circolanti]
<b>Sardegna</b>	3,93	13,54	-	143,49	494,85	49,10	169,34	144,89	499,69
<b>Italia</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tabella 25 - Dotazione infrastrutturale stradale per la Regione Sardegna (indicatori) - CNIT 2015-2016

A causa della scarsa densità abitativa che caratterizza l'Isola, gli indicatori appaiono invece fortemente incrementati rispetto alla media italiana se riferiti all'intera popolazione. Per quanto riguarda la classificazione funzionale della rete stradale sarda, il PRT prevede la suddivisione delle infrastrutture stradali in quattro categorie:

- la **rete fondamentale**, che individua la grande maglia di livello nazionale ed europeo con funzioni di collegamento tra i capoluoghi di provincia e i nodi di interscambio con l'esterno.
- la rete di interesse regionale (e di connessione nazionale) di **primo livello** con la funzione di collegare tra loro le nuove province ed i centri urbani di riferimento e le stesse con i principali nodi di interscambio a completamento della rete fondamentale.
- la rete di interesse regionale (e di connessione nazionale) di **secondo livello** con le funzioni direttrici di connettività per le nuove province ed il relativo sistema urbano di riferimento e di collegamento e/o raccordo con la rete di primo livello.
- la rete di interesse regionale (e di connessione nazionale) di **terzo livello**;
- la rete dei livelli di interesse sub-regionale e provinciale, a completamento della maglia della rete provinciale e locale, che deve realizzare in particolare i collegamenti di ambito locale in riferimento allo schema di assetto territoriale d'ambito (connessione costa-zone interne, ecc.).

**Legenda**  
 Rete di trasporto stradale  
 ■ RETE FONDAMENTALE  
 ■ REGIONALE LIVELLO 1  
 ■ REGIONALE LIVELLO 2  
 ■ REGIONALE LIVELLO 3

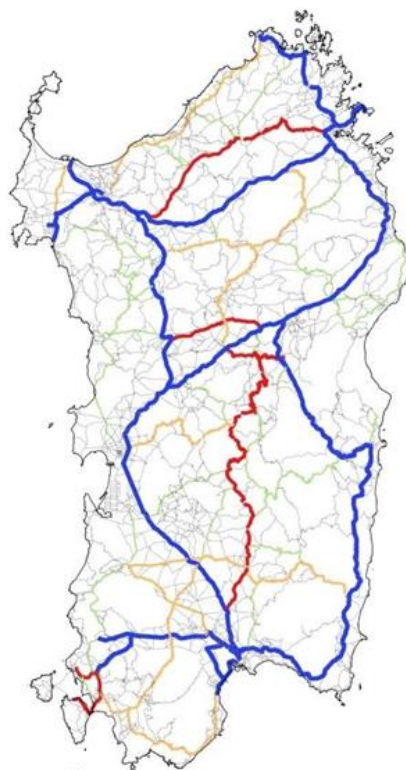


Figura 80 - Rete stradale della Sardegna

La Tabella 12 mostra l'estensione totale delle strade statali e provinciali presenti nel territorio regionale, ripartite nelle aree corrispondenti alla suddivisione provinciale in vigore fino al 2016. Sono specificati nel dettaglio anche i km di strade statali suddivisi per categoria di interesse (regionale e nazionale).

Provincia	Strade Statali			Strade Provinciali (km)	Totale (km)
	Totale (km)	Interesse regionale (km)	Interesse nazionale (km)		
<b>Cagliari</b>	522,714	282,693	240,021	739,049	1.267,763
<b>Medio Campidano</b>	176,225	121,640	54,585	300,507	476,732
<b>Sulcis Iglesiente</b>	132,883	38,621	94,262	306,788	439,671
<b>Oristano</b>	300,937	193,914	107,023	896,852	1.197,789
<b>Nuoro</b>	592,011	321,168	270,843	887,342	1.479,353
<b>Ogliastra</b>	219,510	70,395	149,115	156,943	376,453
<b>Gallura</b>	453,184	256,923	196,261	753,760	1.206,994
<b>Sassari</b>	605,501	463,504	141,997	1.471,684	2.077,185

Tabella 26 - Estensione delle strade statali e provinciali della Sardegna



### 3.4 Analisi dell'accessibilità dell'area di studio

L'accessibilità esprime la facilità con cui determinate destinazioni possono essere raggiunte, dato un punto di partenza e un sistema di trasporto. Il concetto di accessibilità riflette l'organizzazione spaziale e la qualità dell'offerta delle infrastrutture di trasporto. Essa è un concetto centrale nel contesto della valutazione dei progetti di trasporto. In termini matematici l'accessibilità è una funzione che esprime l'attrattività di un territorio. Essa aumenta con la sua dimensione e diminuisce al crescere del tempo o costo generalizzato di viaggio. È possibile valutare sia l'accessibilità relativa a un modo, sia quella relativa a più modi, (accessibilità multimodale).

Il livello di accessibilità al territorio attraverso le principali infrastrutture di collegamento costituisce un importante dato utile per identificare sia le aree a maggiore possibilità di accesso, sia eventuali criticità rappresentate, per esempio, da zone con un elevato valore di consumo di GNL previsto, ma con difficoltà di accesso al sistema portuale regionale. Per avere dei valori di tempo attendibili, si è proceduto a limitare nel modello utilizzato la velocità massima sulla rete stradale interna alla regione, con un valore pari a 80km/h, cioè alla velocità limite per i mezzi pesanti. Tale velocità è ovviamente condizionata dalle caratteristiche delle infrastrutture e dall'entità di traffico valutabili attraverso il modello di traffico

#### 3.4.1 Accessibilità ai principali aeroporti

L'aeroporto di Cagliari è il principale scalo della Sardegna sia per volumi di traffico passeggeri e merci, sia per importanza strategica e bacino potenziale d'utenza,

Lo scalo olbiese rappresenta il secondo scalo sardo in ordine di importanza e per volumi di traffico movimentato. L'aeroporto dista circa 3 km dal centro abitato. Le connessioni con l'esterno sono costruite principalmente dalla S.S. 131 D.C.N., che collega lo scalo gallurese con Nuoro e quindi, attraverso l'innesto con la S.S. 131, col resto del sistema viario regionale; dalla S.S. 125, che attraversa tutta la fascia costiera orientale; dalla S.S. 199, che collega l'aeroporto con Sassari e quindi di nuovo con la S.S. 131.

L'aeroporto di Alghero è diventato negli ultimi anni punto di riferimento del traffico aereo della Sardegna nord occidentale e per una parte delle province di Nuoro e Oristano, soprattutto grazie all'offerta low cost. L'aeroporto dista 12 Km dal centro della città di Alghero e circa 25 Km da Sassari. I collegamenti al resto del territorio regionale sono realizzati principalmente attraverso la strada che collega Alghero con Sassari (la S.S. 291) e attraverso la rete di strade provinciali che collegano l'aeroporto con Alghero e con il litorale (S.P. 5, S.P. 42 e S.P. 44).

### 3.4.2 Accessibilità ai principali porti

Per l'analisi dell'accessibilità ai porti della Sardegna sono stati presi in considerazione i porti di Cagliari, Oristano e Porto Torres. La scelta è da ricondurre alla più verosimile ipotesi di una futura localizzazione di depositi di GNL in questi poli. Risulta pertanto indispensabile un approfondimento in termini di tempi di viaggio per raggiungere i punti di approvvigionamento di GNL da parte delle autocisterne che andranno successivamente a distribuire il gas nei bacini di consumo. L'accessibilità è valutata in termini di tempo di viaggio, e quindi di distanza virtuale.

Nella Figura 81 sono riportate in riferimento all'ora di punta (8:00- 9:00) le isocrone di 15 minuti rappresentative dei tempi minimi di percorrenza per i mezzi pesanti con origine dai porti di Porto Torres, Oristano e Cagliari, a rete carica.

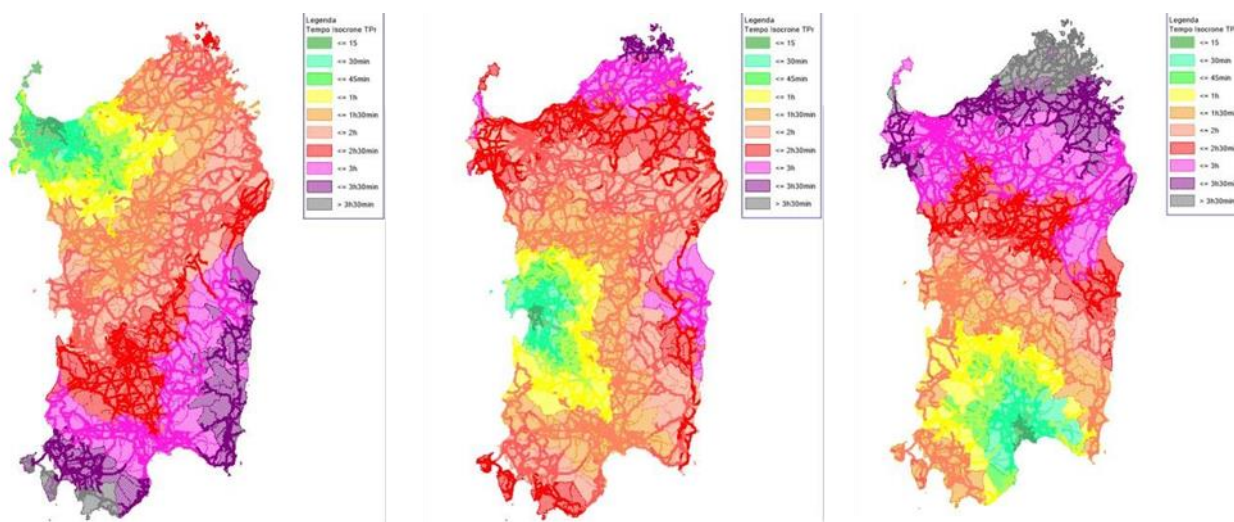


Figura 81 - Isocrone di 15' dai porti della Sardegna (da sinistra, Porto Torres, Oristano, Cagliari)

Come si può notare nella Figura 81, l'isocrona dei 30 minuti da Cagliari si estende a nord, lungo la SS131, arrivando a comprendere anche Sanluri, a ovest lungo la SS130, estendendosi sino a Siliqua, a est lungo la SS 125, arrivando oltre il comune di Sinnai. In sintesi, all'interno dell' isocrona dei 30', si trovano tutti i comuni dell'area vasta metropolitana e della fascia di prima gravitazione, oltre ad alcuni importanti nodi industriali (Assemini-Macchiareddu). Alla fascia corrispondente ai 60 minuti appartengono numerosi comuni che formano una superficie che si estende a nord, lungo la SS 131, sino al porto di Oristano, a ovest, lungo la 130, sino al comune di Iglesias) e a est sino a Castiadas raggiungibile attraverso la SS 125. Tra i centri urbani interni alla seconda isocrona si segnalano Sarroch, sede di importanti stabilimenti industriali, alcuni comuni del territorio del Sulcis-Iglesiente, sedi di storici insediamenti minerari ed industriali. La seconda e terza fascia comprendono gran parte della costa sudoccidentale della Sardegna e tutta la fascia territoriale dell'alto Campidano. All'interno della terza e quarta isocrona ricadono centri come Pula e Domus de

Maria a ovest, ma anche Castiadas, Villasimius, a est che registrano il maggior numero di presenze turistiche del sud-Sardegna nei mesi estivi. All'interno dell'isocrona dei 90 minuti si trova quasi tutto il territorio dell'Oristanese che gravita intorno alla SS 131, compreso il capoluogo ed il porto limitrofo. Appartengono a questa isocrona i comuni periferici della provincia del Sulcis-Iglesiente come Carloforte, S.Antioco e Calasetta, oltre ad importanti insediamenti industriali (Portovesme); sul versante orientale, l'isocrona comprende i centri di Muravera, San Vito e Villaputzu raggiungibili con la SS125.

L'isocrona dei 15 minuti da Oristano si espande per tutto il territorio urbano fino a raggiungere il comune di Cabras. La seconda isocrona, che si estende lungo la SS 131, si sviluppa verso sud fino al comune di Sardara e verso nord est fino a Paulilatino. Tutta la fascia compresa nei 30 minuti include diversi centri urbani tra i quali si registrano Terralba e Arborea (sede di un importante industria casearia). Nell'isocrona dei 45 minuti rientrano i centri abitati di Sanluri, San Gavino, Ghilarza e la zona Industriale Tossilo- Macomer. La quarta fascia è rappresentata da una superficie che comprende le città di Villacidro e Guspini fino a raggiungere, attraverso la SS 131, in direzione sud il comune di Sestu e verso nord il centro urbano di Macomer. Sempre alla quarta fascia appartiene il comune di Ottana, raggiungibile attraverso la SS 131 DCN. Ai comuni interni alla quinta fascia (entro i 90 minuti) appartengono Cagliari, Sassari (SS 131) e Nuoro (SS 131 DCN).

L'isocrona dei 30' da Porto Torres si estende a sud lungo la SS 131 fino al raccordo per la SS 729 (Sassari- Olbia), includendo la città di Sassari e Sorso e raggiungendo a sud ovest l'aeroporto di Alghero- Fertilia. Alghero e Chilivani appartengono alla terza fascia (45 minuti di viaggio). Rientrano tra i comuni raggiungibili in un arco temporale che va dai 60 ai 90 minuti i comuni di Tempio Pausania ( SS 127) e Castelsardo (SS 200), Olbia (SS729 e SS 597) ad est, Ozieri a sud est e Macomer, Abbasanta e Ottana ( SS131 e SS 131 DCN) a sud.

Dalle tre figure si può notare come la parte centro orientale della Sardegna sia la più lontana dal sistema portuale appena descritto, infatti, la maggior parte dei territori è caratterizzata da tempi di percorrenza per giungere al porto più vicino superiori a 2 ore. In linea generale si può riscontrare che questa parte del territorio sia penalizzata dalle caratteristiche plano altimetriche che rendono i percorsi particolarmente tortuosi. Un'altra causa la si può attribuire all'inadeguatezza delle infrastrutture stradali dal punto di vista delle caratteristiche tecniche, particolarmente marcata in quest'area.

### **3.5 Il porto di Cagliari**

Il sistema portuale di Cagliari è situato al centro dell'omonimo golfo ed è costituito da tre bacini portuali, autonomi sia da un punto di vista fisico che funzionale, su cui ricadono le competenze dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, istituita ai sensi del D.Lgs 169/2016. I tre bacini sono:

- Il **porto commerciale** (porto vecchio), interno alla città, caratterizzato prevalentemente da traffico passeggeri, da quello Ro-Ro merci, da traffico di rinfuse solide (cereali e minerali in particolare) e da traffico crocieristico. Alcune porzioni di specchio acqueo, inoltre, sono dedicate alla nautica da diporto, alla cantieristica e al naviglio da pesca; Il porto commerciale è suddiviso secondo due aree che presentano caratteristiche funzionali differenti: il bacino di ponente e il bacino di levante. Il bacino di ponente è prevalentemente destinato alle attività commerciali mentre il bacino di levante è destinato esclusivamente alla nautica da diporto, al naviglio da pesca, alla cantieristica e all'approdo di navi militari. All'interno del Bacino di Ponente si trova il Molo Rinascita, dal 2016 terminal crociere gestito dalla società Cagliari Cruise Port .
- Il **porto industriale** (Porto Canale), specializzato nella ricezione e movimentazione dei containers, principalmente transhipment e, marginalmente, di cabotaggio.
- Il **terminal petrolchimico**, localizzato nei comuni di Capoterra e Sarroch, in cui vengono movimentati in media circa 25 milioni di tonnellate di rinfuse liquide, principalmente prodotti petroliferi e, in minor percentuale, prodotti chimici.



Figura 82 - Ortofoto del porto vecchio (Cagliari)

Il “*porto vecchio*” è delimitato da due opere foranee esterne, la diga foranea di ponente e la diga foranea di levante e da un’opera interna, il Molo Ichnusa.

Esso risulta così suddiviso in tre bacini:

*Bacino di Ponente*, compreso fra la diga foranea di ponente ed il Molo Sabaudò; abbraccia la zona commerciale del porto vecchio, oggi impiegata per gli intensi traffici delle merci (con le navi Ro-Ro) e dei passeggeri (con navi di linea o in transito sulle navi da crociera.

*Porto Interno*, compreso fra il Molo Sabaudò ed il Molo Ichnusa;

*Bacino di Levante*, compreso fra il Molo Ichnusa e la diga foranea di levante.

Lo specchio d’acqua si estende per 2.065.000 m<sup>2</sup> complessivi, con fondali fino a 12 metri, la superficie a terra è pari a 333.250 m<sup>2</sup>, lo sviluppo costiero dello scalo è di oltre 11.000 m, di cui 4.800 m banchinati.

All’interno delle dighe foranee del porto commerciale si articolano poco più di 7 km di sviluppo di fronte d’acqua banchinato, dei quali 2.400 m per operazioni commerciali e traffico passeggeri.

IL PORTO DI CAGLIARI		
Accessibilità navale	Profondità fondali (metri)	3÷15
Accosti	Numero	16
	Lunghezza complessiva (metri)	6.122
	Superficie totale delle banchine	679.529
	Numero di accosti dotati di binari	-
N° accosti che effettuano servizi di:	Passeggeri	5
	Ro-ro	4
	Diporto	6
	Mezzi di servizio	2
	Ormeggio navi militari	2

Tabella 27 - Caratteristiche del Porto di Cagliari

Il Porto Canale è stato designato come polo di trasferimento delle altre forme di trasporto, con particolare riferimento alle categorie merceologiche afferenti le rinfuse e per lo stesso sistema Ro-Ro. Il Porto Canale di Cagliari presenta lo schema tipico del porto canale, con un ampio avamposto delimitato da due moli foranei convergenti, della lunghezza di 2.020 metri ciascuno. Gli specchi acquei sono complessivamente pari a circa 3.000.000 di metri quadrati. Al momento attuale è banchinato esclusivamente il versante Est del porto che presenta, nella parte iniziale, a circa 2.000 metri dall’imboccatura dell’avamposto, una darsena per servizi, di dimensioni pari 140x70 metri, con fondali di 6 metri. Immediatamente in successione si incontra un modulo banchinato per navi Ro.Ro. con relativo dente

d'attracco e, quindi, il Terminal di transhipment di contenitori che, unitamente Gioia Tauro e Taranto, costituisce uno dei tre porti di transhipment del sistema nazionale.

### 3.5.1 Viabilità di accesso

I collegamenti del porto con l'entroterra sono assicurati dalle Strade Statali 195, 130, 131, 389, 125. Il Porto di Cagliari è connesso tramite la SS 131 verso Ovest con il Porto di Oristano (96 km circa); verso Nord Ovest alla città di Porto Torres (235 km circa), e verso Nord Est alla città di Olbia (263 km circa). Sono adiacenti all'area portuale le stazioni delle Ferrovie dello Stato e dall'Azienda Regionale Trasporti

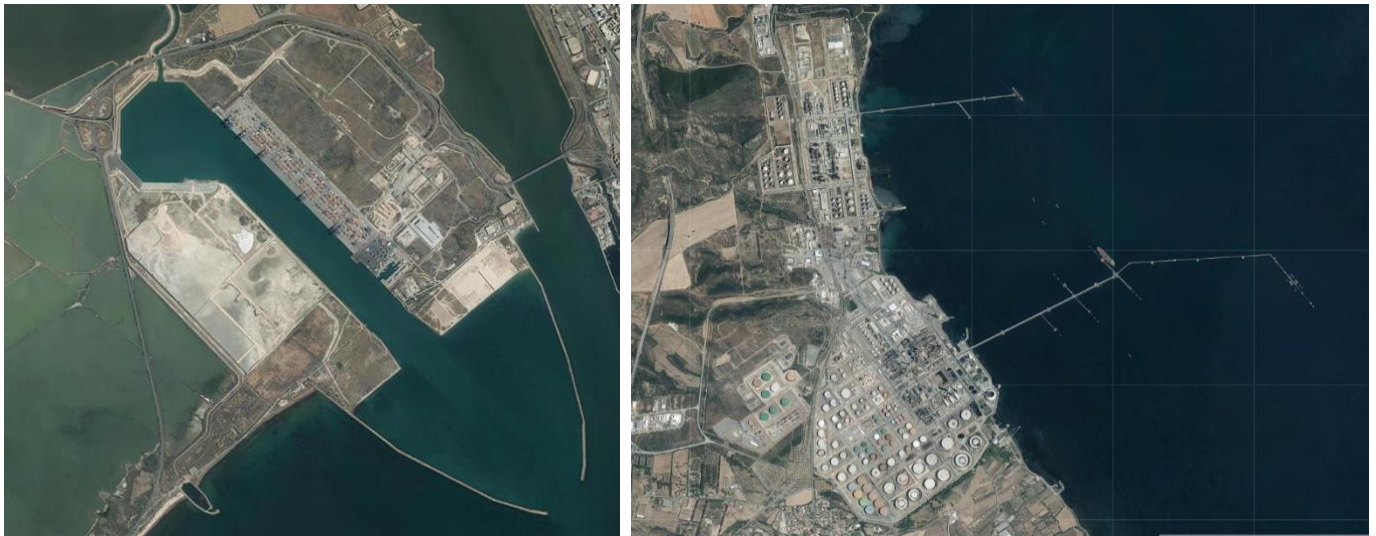


Figura 84 - Ortofoto del Porto Canale (sn) e del polo petrolchimico (dx)

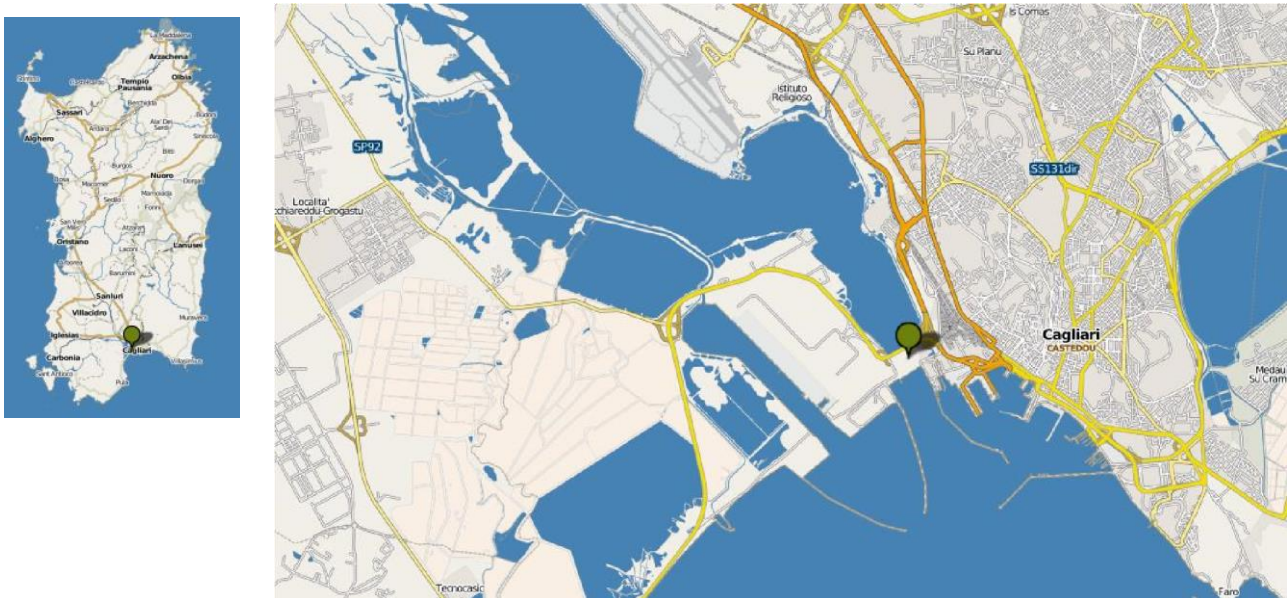


Figura 83 - Viabilità d'accesso al Porto di Cagliari

### 3.6 Il porto di Porto Torres

Il porto di Porto Torres è il secondo scalo della Sardegna, in ordine di passeggeri, e primo per quantità di merci. Esso comprende: il porto civico (destinato alle navi ro/ro passeggeri e merci e al traffico da diporto), il porto industriale (banchine c.d. ASI e i due pontili ex Enichem, ora Polimeri Europa, il pontile liquidi ed il pontile carichi secchi non più utilizzato), e il terminal E.ON già Endesa, sulla diga foranea, destinato al traffico di combustibili solidi (principalmente carbone) e liquidi (olio combustibile) destinati alla centrale elettrica.

Il porto civico, che insiste in parte sull'antico porto medioevale (il porto romano era posizionato alla foce del rio Mannu) è stato recentemente ristrutturato ed attualmente comprende il molo di ponente, con tre accosti per Ro-Ro di oltre 200 metri, la banchina della teleferica con un accosto Ro-Ro, la banchina Segni/dogana di oltre 300 metri destinata alle navi da crociera, la banchina degli alti fondali con accosto Ro-Ro.

Nella darsena della Capitaneria è sistemato il porto turistico con circa 400 posti barca a banchina e su pontili galleggianti. Lavori in corso ampliaranno la disponibilità degli ormeggi.

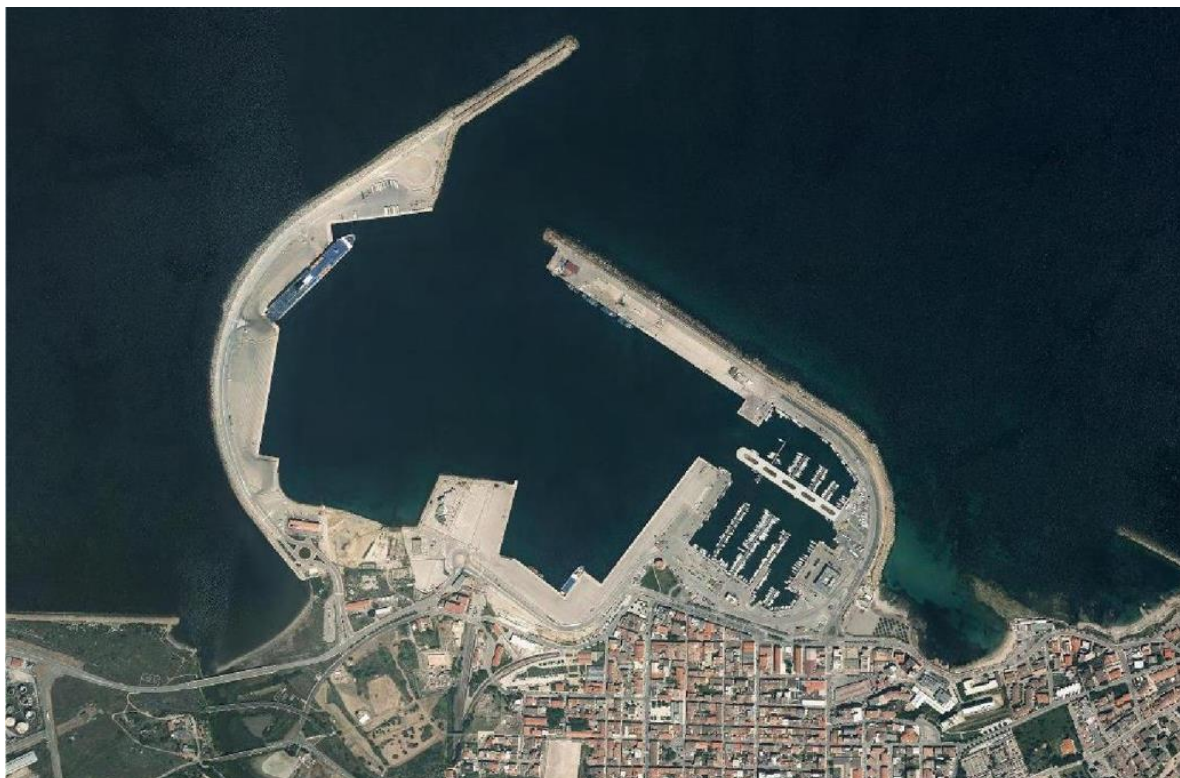


Figura 85 - Ortofoto del porto commerciale di Porto Torres

IL PORTO DI PORTO TORRES		
Accessibilità navale	Profondità fondali (metri)	8÷13
Accosti	Numero	13
	Lunghezza complessiva (metri)	4.735
	Superficie totale delle banchine	138.597
	Numero di accosti dotati di binari	-
N° accosti che effettuano servizi di:	Passeggeri	9
	Ro-ro	9
	Diporto	-
	Mezzi di servizio	5
	Ormeggio navi militari	5

Tabella 28 - Caratteristiche infrastrutturali del porto di Porto Torres



La banchina di ponente è l'estremità massima del porto verso ovest. Attualmente in fase di ampliamento, potrà ospitare oltre quattro navi di grosse dimensioni, fino ai 300 metri di lunghezza.

Il porto di Porto Torres è dotato complessivamente di 9 banchine, 6 relative al porto commerciale, di cui 2 per Ro-Ro passeggeri e merci e 3 al porto industriale, di cui 1 per traghetti passeggeri di ultima generazione, che per lunghezza e pescaggio non possono ormeggiare nel vecchio porto commerciale. L'infrastruttura è caratterizzata da 2 accosti RoRo per 1.050 metri totali. La profondità dei fondali varia da 14 mt a 8 mt. Il Porto Industriale<sup>23</sup> è protetto da una diga foranea a tre bracci banchinata internamente e lunga 3.950 m, dal pontile di levante banchinato sul suo lato interno, dalla darsena servizi e da i due pontili Syndial. La darsena servizi è riservata alle imbarcazioni adibite ai servizi portuali.

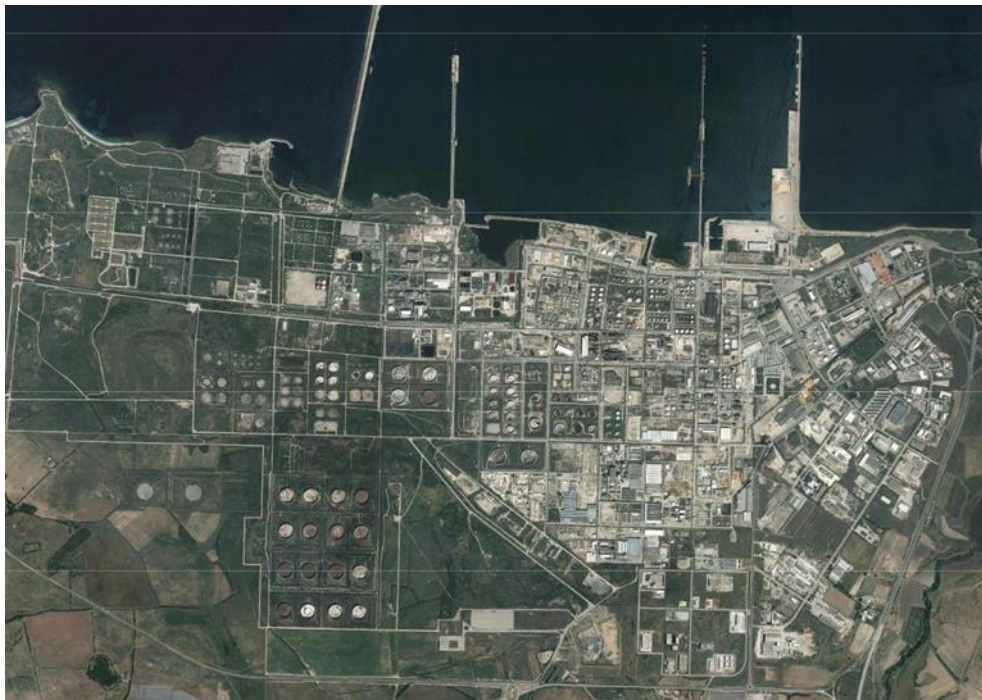


Figura 86 - Ortofoto del porto industriale di Porto Torres

<sup>23</sup> <https://www.paginegialle.com/porti-della-sardegna/porto-torres-porto-industriale/>

### 3.6.1 Viabilità di accesso

Il collegamento principale per il porto è la SS 131 (Strada Europea E25). Il porto è servito dalle Ferrovie dello Stato tramite la linea Ozieri Chilivani – Porto Torres, con una specifica fermata Porto Torres Stazione Marittima sorta proprio all'interno del porto commerciale. La linea ferroviaria collega il porto con le città di Sassari, Olbia e Cagliari. Inoltre le linee regionali di autobus ARST collegano il porto con Alghero (anche aeroporto), Stintino, Osilo e Sorso.

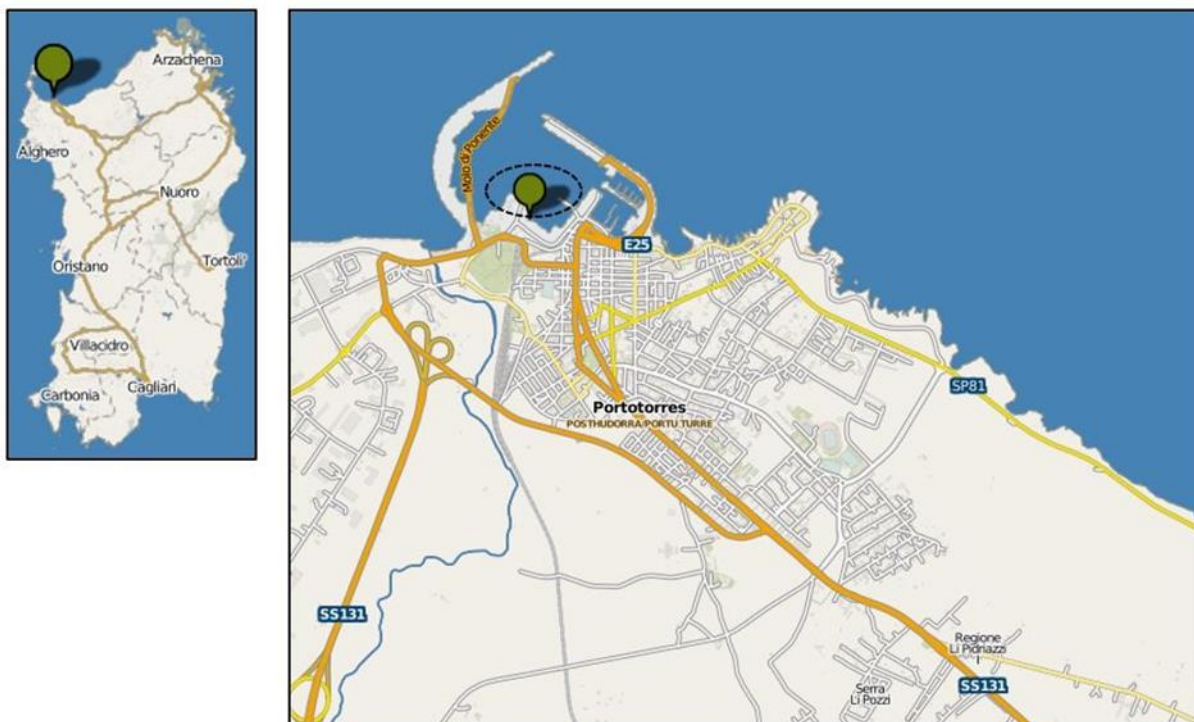


Figura 87 - Mappa della viabilità d'accesso al porto di Porto Torres

### 3.7 Il porto di Oristano

È situato al centro dell'omonimo golfo, tra lo stagno di Santa Giusta ed il mare del versante sud occidentale, è affacciato su un ampio canale navigabile, ha una specializzazione industriale, direttamente connessa alle attività imprenditoriali localizzate all'interno, ed una commerciale, legata alla movimentazione delle merci alla rinfusa. È fornito di oltre 20 ettari di piazzali attrezzati e di 1.600 metri circa di banchine. I principali movimenti che interessano il porto, oltre le materie prime e i prodotti derivanti dall'attività produttiva delle aziende consortili (liquidi chimici, bentonite, cereali, prodotti alimentari, legname, cemento, etc.), in particolare di quelle prospicienti il canale navigabile, riguarda anche merci come il carbone,

le fibre acriliche, i poliesteri minerali e i concimi, a conferma che il porto oristanese non ha solo la funzione di scalo industriale.

L'ubicazione del porto industriale è da ritenersi strategica sulla rotta Suez-Gibilterra, nella moderna organizzazione dei traffici internazionali. L'approdo risulta protetto grazie alla posizione all'interno del golfo, e il canale navigabile con i suoi fondali di 11 metri consente l'attracco di navi di grossa stazza. Nel corso degli anni il porto si è specializzato nella movimentazione di merci alla rinfusa e si è mostrato in grado di soddisfare anche le esigenze del movimento marittimo in genere, con banchine atte a ricevere traffico in imbarco e sbarco per gli insediamenti produttivi industriali.

La contiguità all'agglomerato industriale permette allo scalo portuale oristanese di svolgere una duplice funzione che lo rende piuttosto elastico in termini di operatività e opportunità di utilizzo: da un lato svolge le funzioni di un moderno scalo commerciale dotato di un elevato livello di servizi e di aree per la movimentazione delle merci; dall'altro svolge le funzioni di porto industriale per le imprese che si localizzano lungo il canale navigabile con la possibilità di effettuare le operazioni di imbarco e sbarco in regime di autonomia funzionale.



Figura 88 - Ortofoto del porto di Oristano-Santa Giusta

IL PORTO DI ORISTANO		
Accessibilità navale	Profondità fondali (metri)	Fino a 12
Accosti	Numero	12
	Lunghezza complessiva (metri)	2.590
	Superficie totale delle banchine	112.117
	Numero di accosti dotati di binari	-
N° accosti che effettuano servizi di:	Passeggeri	2
	Ro-ro	2
	Diporto	-
	Mezzi di servizio	1
	Ormeggio navi militari	-

Tabella 29 - Caratteristiche infrastrutturali del porto di Oristano

### 3.7.1 Stime del traffico di distribuzione del GNL da parte delle aziende insediate a Oristano

Alla luce del livello di accessibilità e delle possibili destinazioni d'uso del Gas Naturale Liquefatto analizzato nel Piano di localizzazione dei siti di stoccaggio, le principali strade utilizzate per la distribuzione via terra del GNL sono:

- la strada provinciale SP97;
- la strada provinciale SP49;
- la strada provinciale SP56;
- la strada statale SS131.

Mediante l'immissione in quest'ultima, la quale rappresenta una delle principali arterie della rete stradale isolana, si ha la possibilità di distribuire il gas in tutta la Sardegna. Per questo motivo, considerando la viabilità interna del Porto di Oristano, analizzeremo i percorsi da compiere per giungere l'intersezione più vicina, che permette l'immissione nella SS131, a partire dal punto in cui si localizzeranno i tre depositi costieri.

Le autocisterne che partiranno dal sito di **Edison S.p.A.** utilizzeranno la viabilità interna esistente e le strade provinciali SP97 ed SP49 per giungere alla SS131, con un percorso complessivo di 6 km svolto in circa 7 minuti (Figura 89). A partire dall'ingresso dell'area scelta, sito in via La Maddalena, si proseguirà in Località Cirras per circa 250 m, imboccando poi la SP97 che, dopo circa 2.000 m si raccorderà alla SP49. Tale provinciale, percorsa verso Nord per circa 3.500 m, permetterà di raggiungere l'intersezione che permetterà di immettersi nella SS131.

Nell'ipotesi che durante l'esercizio dell'impianto di stoccaggio la distribuzione del GNL avvenga esclusivamente a mezzo di autocisterne, la società stima un incremento del traffico locale di **16 mezzi/ora**.



Figura 89 - Itinerario deposito GNL di Edison S.p.A. - SS131

Anche il Deposito di **HIGAS s.r.l.** utilizzerà la viabilità già esistente interna al porto e, che, in circa 8 minuti e su un percorso approssimativamente di 7.000 m, permetterà alle autocisterne di immettersi sulla SS131. Percorrendo infatti la località Porto Industriale per 2.000 m si potrà imboccare la SP97 e, dopo circa 1.200 m, la SP49 nella stessa intersezione in cui giungono le autocisterne di EDISON S.p.A. Da qui si raggiungerà la statale dopo 3.500 m come nel caso precedente (Figura 90).

La società prevede un incremento del traffico locale di **15 mezzi/ora** durante l'esercizio del Deposito, ipotizzando che la distribuzione avvenga esclusivamente a mezzo di autocisterne.



Figura 90 - Itinerario deposito GNL di HIGAS s.r.l. - SS131

La società **IVI Petrolifera** prevede una serie di lavori di adeguamento per la movimentazione del GNL dentro e fuori lo stabile. In particolare, su una superficie totale di 47.180 m<sup>2</sup>, 18.800 m<sup>2</sup> saranno impiegati per strade e piazzali. Percorrendo le strade interne al porto di via Sant'Antioco e successivamente via G. Marongiu, si potrà giungere alla SP97, che, percorsa in direzione Sud-Est per 3.000 m, porterà all'intersezione con la SP49 usata anche dai mezzi degli altri due depositi. Come nei casi precedenti, percorsa per 3.500 m verso Nord, permetterà di inserirsi nella SS131. La distanza complessiva da percorrere sarà di circa 8 km, con un tempo di viaggio di 9 minuti (Figura 91).

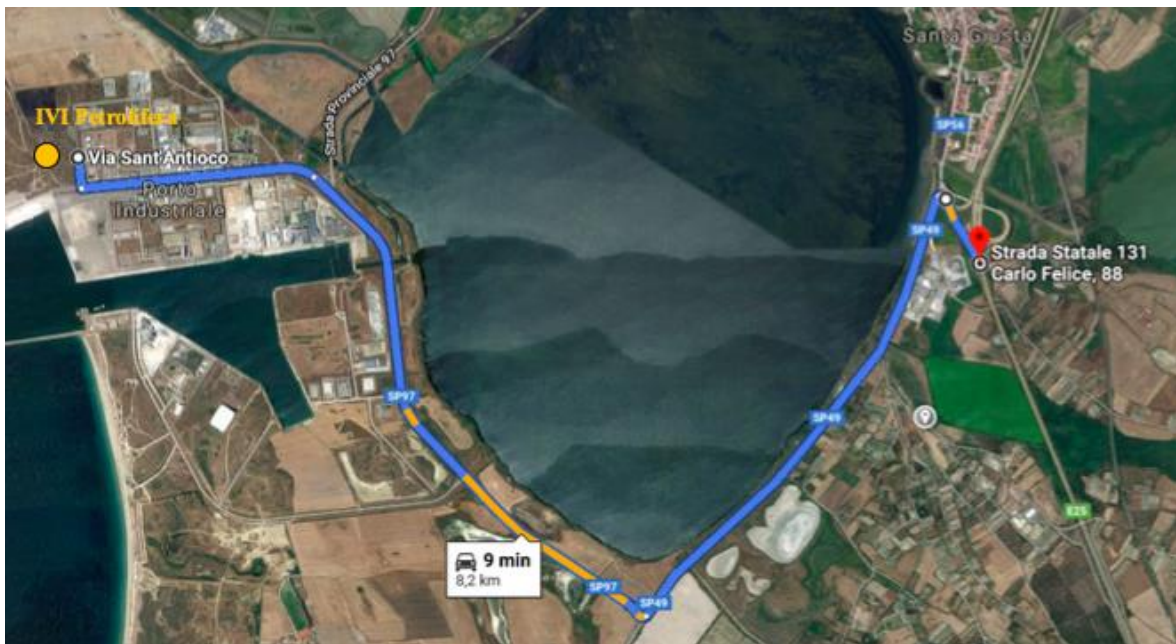


Figura 91 - Itinerario deposito GNL di IVI Petroliera - SS131

Analizzando ora il **traffico marittimo** dovuto alla presenza del Deposito costiero, si riportano le stime effettuate dalle tre società interessate alla realizzazione del sistema di stoccaggio GNL ad Oristano. **Edison S.p.A.** ha previsto un incremento del traffico marittimo pari a 122 mezzi/anno (70 metaniere e 52 bettoline). La società **HIGAS s.r.l.** ha invece stimato un incremento di 90 mezzi/anno (40 metaniere e 50 bettoline) mentre **IVI Petroliera** di 226 mezzi/anno (220 metaniere e 6 bettoline). Appare chiaro come l'ultima società privilegi la distribuzione del gas via terra e su territorio regionale. Considerati questi numeri e le caratteristiche del Porto e delle infrastrutture, si ritiene che l'interferenza con il traffico marittimo esistente sia di lieve entità.

### 3.8 Prospettive del GNL in Sardegna

Le attuali prospettive di metanizzazione della Sardegna, prospettate dalla SEN 2017 e confermate dagli indirizzi contenuti nel PNIEC (2020), prevedono il trasporto del metano in forma liquida (GNL) tramite navi metaniere di piccola-media taglia, che si approvvigioneranno presso i grandi terminali di importazione per consegnarlo agli stoccaggi costieri sardi. In questo scenario insieme al *downstream* del metano in forma gassosa, è previsto anche lo sviluppo del *downstream* del GNL presso le utenze finali. Le iniziative infrastrutturali che hanno già avviato le procedure autorizzative rispecchiano questo modello e comprendono due progetti per la realizzazione della rete dorsale di trasporto del gas naturale e cinque progetti di depositi costieri per lo stoccaggio del GNL, di cui due con impianto di rigassificazione. Di questo quadro fanno parte anche le iniziative per le



metaniere di piccola o media taglia destinate ad approvvigionare gli stoccaggi sardi. L'analisi della situazione attuale, in termini di consumo e di infrastrutture, è il punto di partenza per la valutazione dei potenziali di penetrazione del gas naturale.

Il *mix* nei consumi finali di energia della Sardegna è oggi caratterizzato dalla prevalenza dei prodotti petroliferi (68%) dal crollo dei consumi del settore industriale nell'ultimo decennio, che si sono più che dimezzati, e da una penetrazione nel settore domestico dell'energia elettrica e della biomassa, più elevata che sul territorio nazionale. Molto rilevanti per il bilancio energetico dell'isola sono la presenza del grande impianto di raffinazione di Sarroch e il peculiare assetto del parco termoelettrico, caratterizzato dall'impiego del carbone e dei prodotti petroliferi. La ricostruzione dei consumi per settori e per comparti non consente al momento di prevedere un rilancio dei consumi finali di energia in Sardegna per i prossimi anni.

La Sardegna è la regione italiana che registra la maggiore presenza di reti di distribuzione di gas diversi dal gas naturale (GPL e aria propanata), che si sono sviluppate sia nell'ambito dei bacini previsti dagli indirizzi della programmazione regionale nella prospettiva della realizzazione GALSI, sia per iniziative di singoli Comuni. Tale realtà è ancora molto limitata rispetto agli obiettivi della programmazione regionale, con elevati livelli dei prezzi e contenuti livelli dei consumi per utente, come tipicamente avviene per le reti di gas diversi dal gas naturale. Il coordinamento tra gli investimenti già effettuati e quelli in programma nel quadro più ampio della metanizzazione e la possibilità di sfruttare a pieno le potenzialità delle reti esistenti, non sono elementi scontati e dipendono anche da come si svilupperà il quadro normativo e regolatorio.

A oggi lo sviluppo del quadro normativo e regolatorio è caratterizzato dai seguenti elementi:

- confermati gli incentivi ai camion e previste nuove risorse
- depositi e terminali collegati alla rete gas che offrono servizi SSLNG: la soluzione alla convivenza tra servizi regolati (rigassificazione) e a mercato (SSLNG) sta nella condivisione dei costi delle infrastrutture comuni. Per i depositi strategici c'è garanzia dei ricavi (per i servizi di rigassificazione) per 4 anni
- reti isolate: si può scegliere tra il regime analogo alle reti a GPL o quello delle reti interconnesse, se il collegamento è in progetto. In questo secondo caso si rinuncia alla copertura dei costi del deposito satellite e del vaporizzatore, ma si amplia la possibilità di perequazione per i clienti
- ancora in sospenso la decisione ARERA<sup>24</sup> sulla dorsale sarda per la distribuzione. L'ambito sardo sarà separato ma è prevista una perequazione per i primi anni: i nuovi

---

<sup>24</sup> Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente

clienti gas pagheranno le tariffe del Meridione. Possibilità di passare al regime delle reti interconnesse anche senza progetto

- PNIEC<sup>25</sup> confermato il ruolo degli usi finali del GNL e previste nuove politiche di promozione per camion, porti e settore navale.

La prima fase della Metanizzazione Sardegna basata su depositi costieri e distribuzione via autocisterne alimenterà lo sviluppo degli usi finali del GNL nell'Isola. A medio lungo termine la consistenza del successivo sviluppo della filiera SSLNG<sup>26</sup> dipenderà dall'effettiva realizzazione del progetto di dorsale. Nel triennio 2020-2022 il superamento del *gap* infrastrutturale e l'avvio di infrastrutture di importazione potrà dare una nuova spinta al mercato. Le previsioni al 2030 vedono come protagonista fondamentale il settore dei trasporti stradali pesanti, a cui si accompagneranno i primi sviluppi significativi nel marittimo e le reti isolate; oltre a una ripresa della crescita per le utenze industriali *off-grid*. Sviluppo sostenuto a seconda delle scelte per la Sardegna e per le politiche per la promozione della filiera SSLNG.

### 3.9 Consumi di energia della Sardegna

#### 3.9.1 Consumi finali di energia in Sardegna 2000 - 2019

I consumi finali di energia della regione Sardegna nel 2019 ammontano a circa 2.730 ktep, pari circa al 2% di quelli italiani. Dal 2000 al 2006 vi è stato un generale *trend* di crescita da 3.400 ktep a 3.800 ktep (+7.8%). Dal 2007 in poi, invece, si è assistito a un'importante inversione di tendenza fino al 2014, anno in cui si sono registrati i consumi finali di energia più bassi, pari a circa 2.400 ktep (-37%). Dal 2015 al 2019 il *trend* si è invertito con una crescita del 13% in cinque anni. In Figura 92 e **2** mostrano il peculiare *mix* nei consumi energetici della Sardegna caratterizzato dall'assenza del gas naturale per la mancanza di infrastrutture per l'approvvigionamento dell'isola di questa risorsa energetica.

---

<sup>25</sup> Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

<sup>26</sup> Small Scale LNG

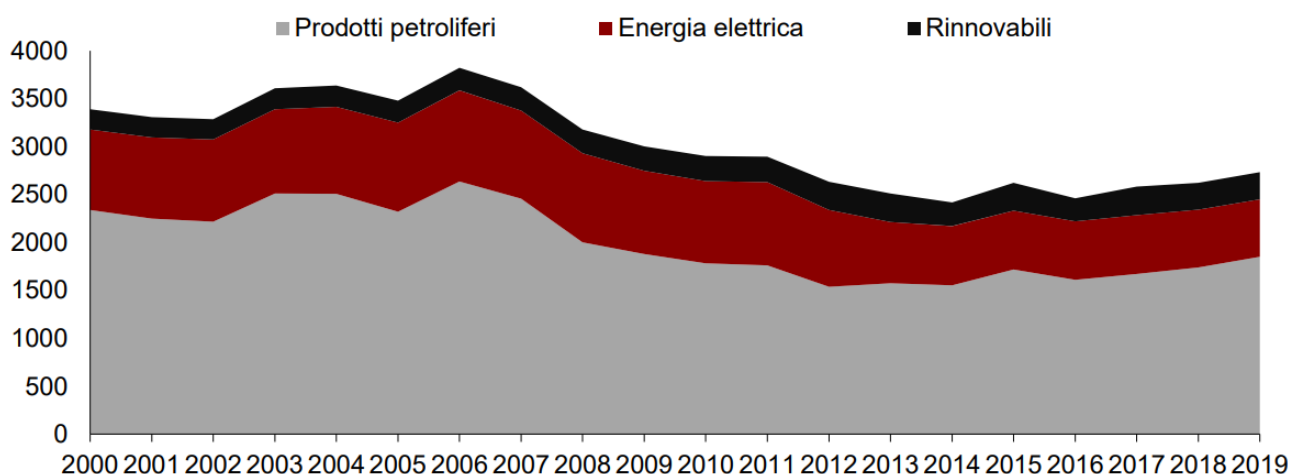


Figura 92 - consumi finali di energia in Sardegna per fonte, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna

Nel 2019 il *mix* sardo dei consumi finali di energia vede ancora la prevalenza dei prodotti petroliferi con circa 1.850 ktep (68%), seguiti dai consumi finali di energia elettrica di 600 ktep (22%) e da 281 ktep di consumi coperti da fonti rinnovabili (10%)<sup>27</sup>, costituiti quasi esclusivamente dall'utilizzo di biomasse legnose nel settore residenziale. A confronto, nel 2019 il *mix* italiano vede il 40% dei prodotti petroliferi, il 30% del gas naturale, il 20.5% dell'elettricità, il 6.3% delle rinnovabili e il 2.2% per i combustibili solidi. In Sardegna l'assenza del gas naturale, oltre al ruolo prevalente dei prodotti petroliferi, fa registrare un più alto grado di penetrazione elettrica e delle fonti rinnovabili.

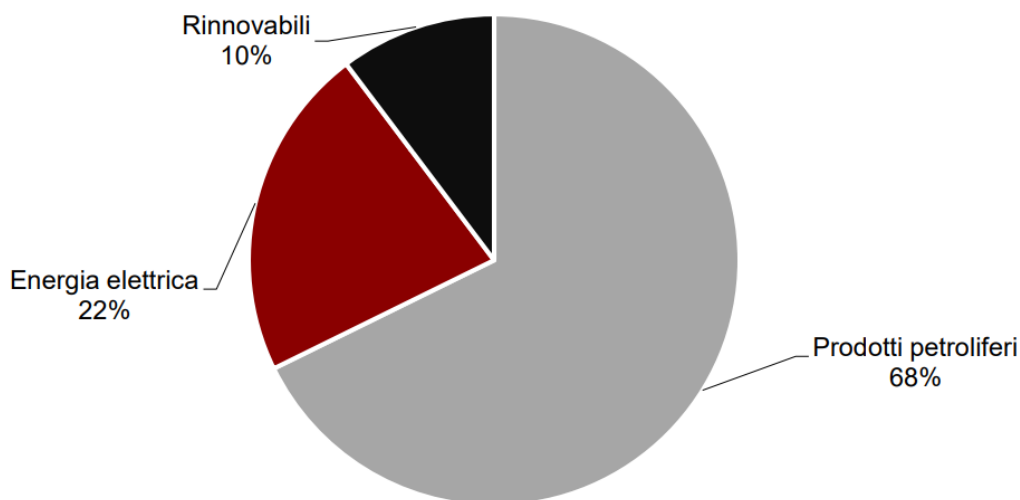


Figura 93 - consumi finali di energia in Sardegna (2019) per fonte (%). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna

<sup>27</sup> Con il criterio statistico dei consumi finali di energia questo valore riporta solo i consumi termici di fonti rinnovabili.

La Figura 94 mostra la disaggregazione dei consumi finali di energia della Sardegna nei principali settori di utilizzo e il loro andamento dal 2000 al 2019. Anche nel 2019 i trasporti sono risultati essere il principale settore di consumi con circa 1.380 ktep, in aumento di circa il 36% dal 2013, anno in cui si sono registrati i consumi più bassi in questo settore (1.019 ktep). Dal 2013, anno in cui ha superato i consumi dell'industria, il settore residenziale è il secondo in ordine di grandezza, con circa 670 ktep nel 2019. I consumi finali di energia del settore industriale, invece, ammontano a circa 400 ktep, seguendo un *trend* fortemente ribassista che, dal 2007, ha portato i consumi di questo settore a ridursi di oltre il 70%. Infine, nel 2019, i consumi per il terziario ammontano a 220 ktep mentre quelli per agricoltura e pesca a poco più di 80 ktep.

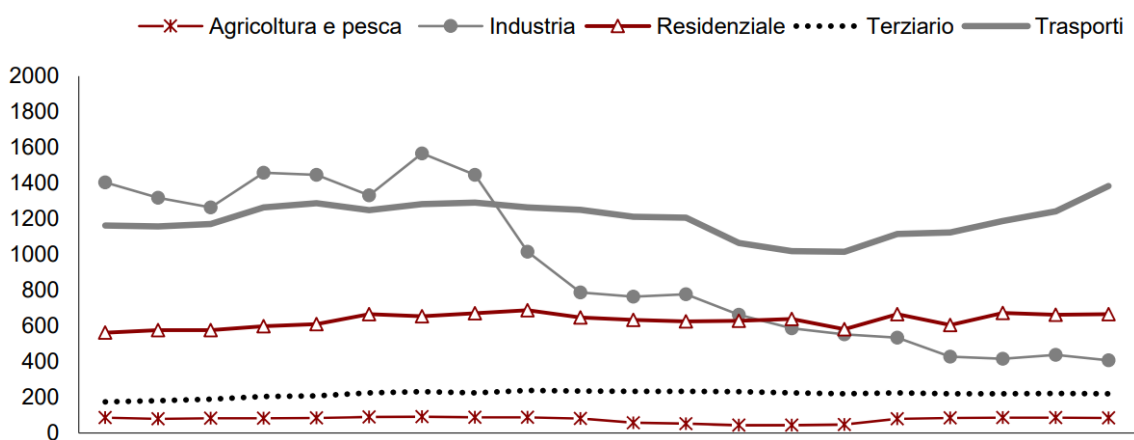


Figura 94 - consumi finali di energia in Sardegna per settore, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna

Nel diagramma di Figura 95 è riportato specularmente il *mix* sardo dei consumi finali di energia per settore di utilizzo, con riferimento all'anno 2019. La quota di consumi finali di energia nel settore dei trasporti copre da sola la metà dei consumi totali (circa il 50%).

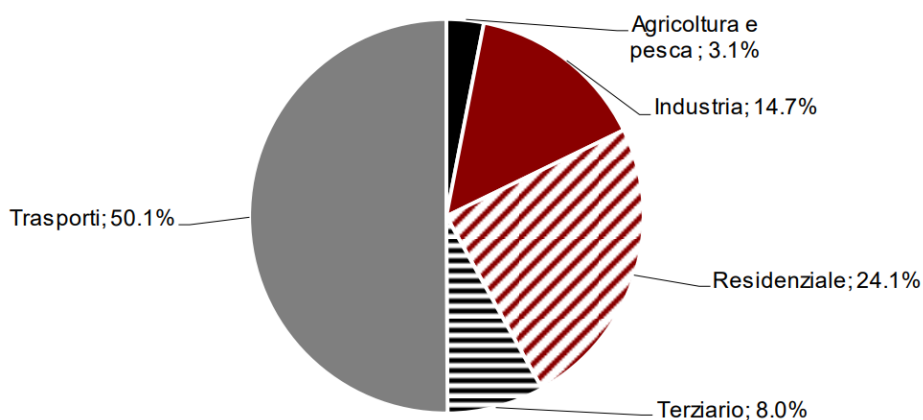


Figura 95: consumi finali di energia per settore, 2019 (%). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna

I consumi finali complessivi di energia elettrica della Sardegna dal 2000 al 2019 si sono ridotti quasi del 29%, passando da 840 ktep a 600 ktep. Questa riduzione è sostanzialmente imputabile al calo dei consumi finali di energia nel settore industriale, come è possibile osservare nella Figura 96, che segue.

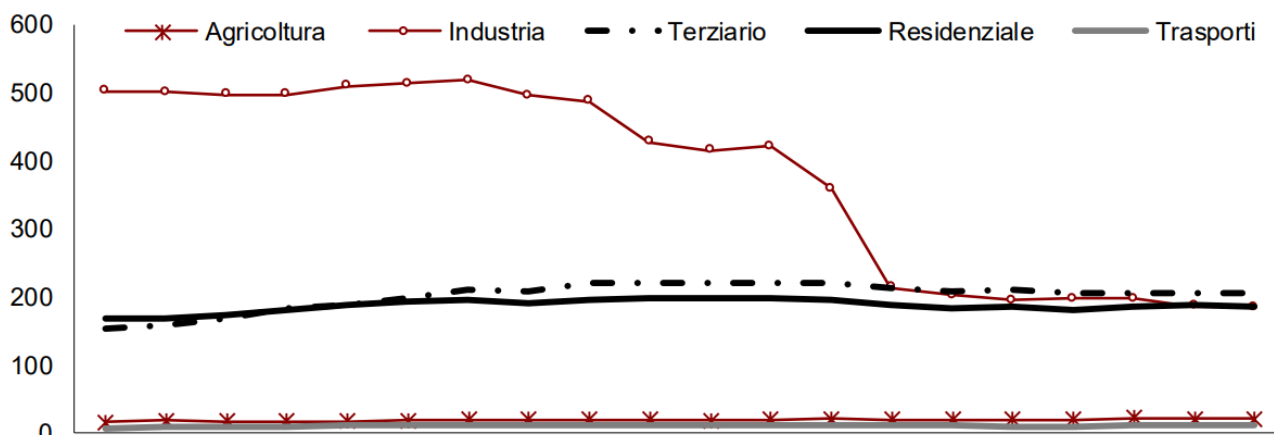


Figura 96 - consumi finali di energia elettrica per settore, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna

La riduzione più significativa dei consumi finali di energia elettrica nel settore industriale si è verificata tra il 2006 e il 2015 (-63%), per poi rimanere pressoché stabile poco al di sotto dei 200 ktep dal 2016 al 2019. Se nel 2000 i consumi elettrici nell'industria pesavano per il 60%, infatti, al 2019 la percentuale si è dimezzata, arrivando a toccare il 30% circa. I consumi di energia elettrica nel terziario sono passati da 153 ktep nel 2000 a 204 ktep nel 2019 con un incremento del 34%, superando nel 2014 quelli dell'industria. Nel settore residenziale i consumi finali di energia elettrica sono passati da 166 ktep nel 2000 a 185 ktep nel 2019, con un incremento dell'11% e a oggi pesano per il 31% sul totale. I consumi finali di energia elettrica nei settori agricolo e trasporti sono rimasti sostanzialmente costanti nell'arco temporale considerato, pari nel 2019 a 19 ktep (circa il 3% del totale) e 9 ktep (circa l'1.5% del totale). Nel settore dei trasporti in Sardegna, infatti, il trasporto ferroviario utilizza prevalentemente motrici alimentate a gasolio.

### 3.9.1.1 Settore residenziale

I consumi di energia del settore residenziale in Sardegna tra il 2000 e il 2019 mostrano un *trend* crescente con un incremento da 562 a 666 ktep, che è caratterizzato da oscillazioni significative in funzione dell'andamento climatico. Queste oscillazioni sono proseguite anche negli anni successivi, per poi ristabilizzarsi tra il 2018 e il 2019. In Sardegna la biomassa legnosa (legna e *pellet*) copre la quota principale dei consumi di energia elettrica nel settore residenziale, pari a più del 40%, con un consumo di biomasse legnose che nel 2019 è stato pari a circa 280 ktep. I consumi di biomasse sono emersi sulla base di rilevazioni sia sui consumi di combustibili legnosi sia della dotazione di impianti di riscaldamento a biomasse, questi ultimi in Sardegna dal 2001 al 2019 sono più che raddoppiati.

Come illustrato in Figura 97, i consumi di energia elettrica nel settore residenziale mostrano un lieve *trend* crescente dal 2000 al 2010 e una successiva leggera inversione di tendenza negli anni successivi; nel 2019 i consumi medi sono stati pari a 185 ktep (circa il 28% del totale). Da evidenziare che solo una parte dei consumi elettrici complessivi del settore residenziale sono finalizzati al riscaldamento o altri usi contendibili dal gas naturale come acqua calda sanitaria e uso cucina. Il grado di penetrazione elettrica nei consumi residenziali in Sardegna è stato mediamente attorno al 28%, contro un valore del 16-17% a livello nazionale. I prodotti petroliferi hanno un peso del 30% circa sul totale dei consumi residenziali, in riduzione rispetto al 35% nel 2000. I due prodotti petroliferi utilizzati nel settore residenziale sono il gasolio e il GPL, i cui consumi medi nel 2019 sono stati rispettivamente pari a 94 ktep e 106 ktep.

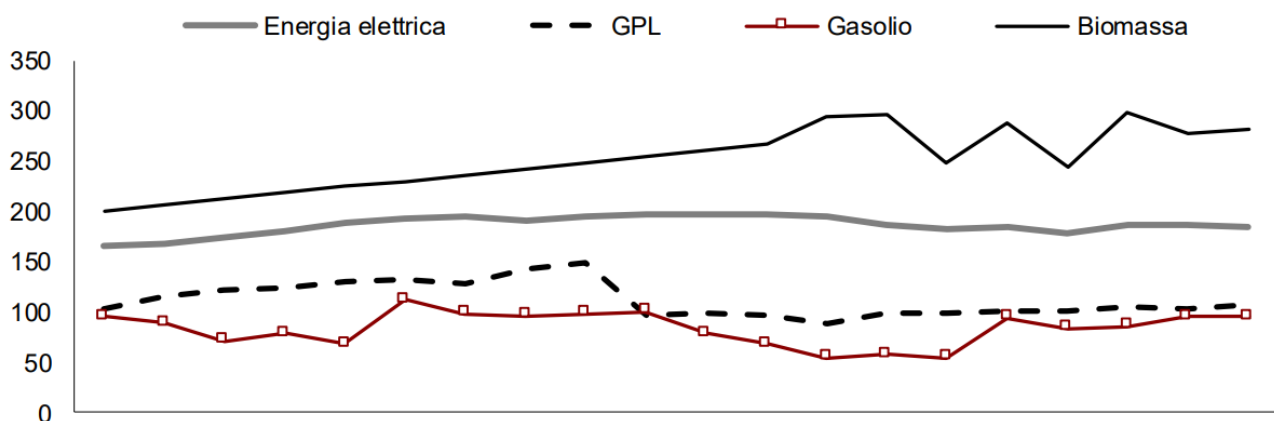


Figura 97 - consumi finali di energia nel settore residenziale, 2000-2019 (ktep). Fonte: Enea e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna

I dati dei consumi complessivi di energia del settore residenziale della Sardegna possono essere letti in modo più significativo tramite l'analisi degli stock di impianti di riscaldamento nelle abitazioni. I dati della Tabella 30 consentono di evidenziare la dinamica delle tipologie degli stock degli impianti di riscaldamento autonomi e centralizzati in Sardegna dal 2001 al 2015<sup>28</sup>, articolati per prodotto/fonte di alimentazione. In particolare, si evidenzia il ruolo preponderante del gasolio negli impianti centralizzati che si è sostanzialmente mantenuto, nel periodo considerato, con un peso del 78% circa nel 2015. Nello stesso periodo nel segmento degli impianti centralizzati si è avuta una leggera crescita di quelli alimentati a GPL (+10%), mentre sia quelli alimentati a biomassa sia quelli alimentati a elettricità sono raddoppiati.

<sup>28</sup> Elaborazione su dati della *survey* REF-E sul mercato della climatizzazione disponibili fino al 2015.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Stock famiglie centralizzato (n. famiglie)</b>															
Gasolio	57 032	52 225	64 326	62 582	66 663	67 017	78 316	67 979	63 244	61 744	61 709	61 640	62 130	61 560	60 990
GPL	4 919	10 283	11 260	13 064	8 883	9 322	10 746	8 764	5 932	7 633	8 481	8 481	7 011	6 287	5 564
Energia elettrica	2 842	2 889	2 941	3 017	3 095	3 181	3 318	3 493	3 673	3 863	4 042	4 111	4 632	5 658	6 683
Biomassa	2 357	2 427	2 498	2 568	2 638	2 718	2 810	2 932	3 077	3 251	3 467	3 467	4 386	4 936	5 487
<b>Stock famiglie autonomo (n. famiglie)</b>															
Gasolio	51 588	30 050	41 282	36 089	49 800	48 175	58 010	50 252	53 661	44 876	42 138	41 793	32 739	29 646	26 552
GPL	90 627	115 989	151 488	156 541	141 655	142 229	175 132	137 374	105 183	113 247	117 582	116 687	101 386	101 247	101 118
Energia elettrica*	52 996	56 473	61 804	68 763	73 191	77 555	82 975	87 311	90 399	93 909	97 230	97 673	101 193	99 348	97 504
Biomassa*	81 101	78 967	78 624	79 090	80 654	87 418	92 368	96 081	100 196	104 229	108 164	112 695	145 090	150 563	156 035

\* Comprende apparecchi utilizzati come principale sistema di riscaldamento e come sistema ausiliario

Tabella 30 - stock di impianti di riscaldamento nelle abitazioni, 2001-2015 (n° famiglie)<sup>29</sup>

Molto più significative le dinamiche degli stock di impianti di riscaldamento nel segmento degli impianti autonomi che nel periodo considerato hanno visto il dimezzamento di quelli alimentati a gasolio, un aumento del 10% di quelli alimentati a GPL, e il raddoppio sia di quelli alimentati a biomasse sia di quelli alimentati a energia elettrica. Nel 2015, nel segmento impianti autonomi, quelli alimentati a biomasse pesavano per il 41.3%, quelli a GPL per il 26.7%, quelli elettrici per il 25.8% e quelli alimentati a gasolio per il 7%.

Nella Tabella 31 che segue, per il periodo 2000-2015, si evidenziano i consumi finali di energia del settore residenziale contendibili dal gas naturale, quelli per riscaldamento, acqua calda sanitaria (ACS) e uso cucina.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Variazione 2001-2015
<b>Centralizzato</b>	<b>59.5</b>	<b>63.2</b>	<b>64.4</b>	<b>61.8</b>	<b>84.8</b>	<b>81.8</b>	<b>82.0</b>	<b>81.8</b>	<b>67.6</b>	<b>60.4</b>	<b>55.6</b>	<b>47.3</b>	<b>53.0</b>	<b>52.5</b>	<b>54.1</b>	<b>-9%</b>
Gasolio	46.3	45.1	47.7	43.1	69.6	66.7	66.5	65.5	54.3	45.5	40.2	32.5	37.5	36.7	38.0	-18%
GPL	6.8	11.3	9.8	11.5	7.8	7.8	8.3	8.9	5.6	6.8	7.0	6.4	6.9	6.2	5.6	-16%
Energia elettrica	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.7	2.0	12%
Biomassa	4.6	5.0	5.4	5.7	5.9	5.9	6.0	6.2	6.4	6.7	7.1	7.1	7.2	7.8	8.4	82%
<b>Autonomo</b>	<b>401.8</b>	<b>394.3</b>	<b>408.3</b>	<b>415.7</b>	<b>435.4</b>	<b>431.3</b>	<b>452.7</b>	<b>461.6</b>	<b>425.1</b>	<b>419.9</b>	<b>415.5</b>	<b>407.7</b>	<b>418.1</b>	<b>414.6</b>	<b>415.5</b>	<b>3%</b>
Gasolio	41.9	26.0	30.6	24.8	52.0	47.9	49.2	48.4	46.0	33.0	27.4	22.0	19.8	17.7	16.5	-61%
GPL	124.5	127.7	131.4	138.2	124.9	119.7	135.1	139.4	99.0	101.1	96.8	88.7	99.9	100.2	102.7	-18%
Energia elettrica	34.0	33.6	33.6	34.3	34.4	33.6	32.3	32.0	32.5	32.5	32.4	32.1	30.6	29.6	29.6	-13%
Biomassa	201.4	207.0	212.6	218.3	224.1	230.1	236.0	241.8	247.6	253.3	258.9	264.9	267.8	267.2	266.6	32%
<b>Totale</b>	<b>461.3</b>	<b>457.5</b>	<b>472.7</b>	<b>477.5</b>	<b>520.2</b>	<b>513.1</b>	<b>534.7</b>	<b>543.4</b>	<b>492.7</b>	<b>480.3</b>	<b>471.1</b>	<b>455.0</b>	<b>471.1</b>	<b>467.1</b>	<b>469.6</b>	<b>2%</b>

Tabella 31 - Sardegna: consumi finali di energia per riscaldamento (riscaldamento, ACS, cucina) – dati non normalizzati per effetto temperature, 2001-2015 (ktep). Fonte: elaborazioni REF-E

In particolare, si evidenzia che nel 2015 i consumi del residenziale sono attribuibili per l'88.5% (415 ktep) alle abitazioni con impianti autonomi e per l'11.5% (54 ktep) a quelle con impianti centralizzati. Inoltre, si può evidenziare che nel 2015 i consumi elettrici attribuibili a

<sup>29</sup> Fonte: elaborazioni REF-E

usi per riscaldamento e ACS, pari a 32 ktep, costituiscono il 17% di quelli complessivi del settore residenziale.

### 3.9.1.2 Settore terziario

I consumi di energia del settore terziario in Sardegna sono caratterizzati da un elevatissimo tasso di penetrazione elettrica (Figura 98) che è superiore al 90% rispetto a un valore di circa il 50% a livello nazionale. I consumi di gasolio e GPL per il settore terziario nel complesso ammontano a circa 16 ktep nel 2019.

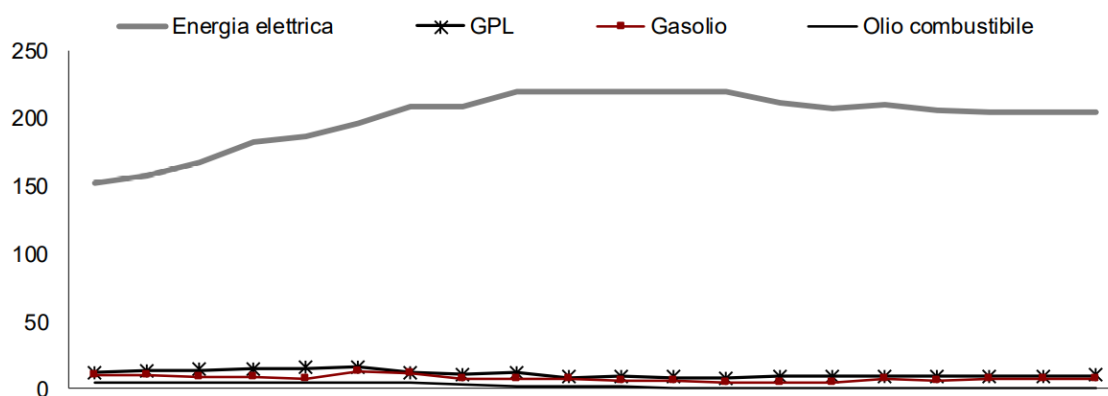


Figura 98 - consumi finali di energia nel settore terziario, 2000-2019 (ktep). Fonte: Enea e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse

Risulta, quindi, particolarmente significativa l'analisi dei consumi elettrici nei diversi comparti del terziario in Sardegna (vedi Figura 99). Il commercio rimane il comparto del terziario con i maggiori consumi elettrici pari a 44 ktep nel 2018<sup>30</sup> (circa il 22% del totale). In questo comparto i consumi elettrici hanno avuto un *trend* di crescita fino al 2008 con una successiva inversione di tendenza che li ha portati a ridursi del 18% circa nella decade seguente. Anche i consumi elettrici individuati nella voce "altri servizi vendibili" pesano per il 22% sul totale e hanno mostrato una crescita costante fino al 2018, anno in cui i consumi sono stati pari a 46 ktep. Al terzo posto il comparto "alberghi, ristoranti e bar" che nel 2018 ha avuto consumi elettrici per 34 ktep, pari al 17% del settore. Molto rilevanti sono anche i consumi elettrici dei comparti del terziario che svolgono attività di carattere pubblico o di servizi pubblici; e in particolare le attività dei servizi idrici e per "altri servizi non vendibili" che pesano complessivamente per il 21% nel 2018, seguite dai consumi della pubblica amministrazione e quelli per l'illuminazione pubblica che pesano nel complesso per il 14% circa.

<sup>30</sup> Gli ultimi dati disponibili per i consumi finali di energia elettrica nei diversi comparti del settore terziario fanno riferimento al 2018. Tuttavia, le stime REF-E per il 2019 prevedono un consumo finale di energia nel settore terziario pari a circa 204 ktep.



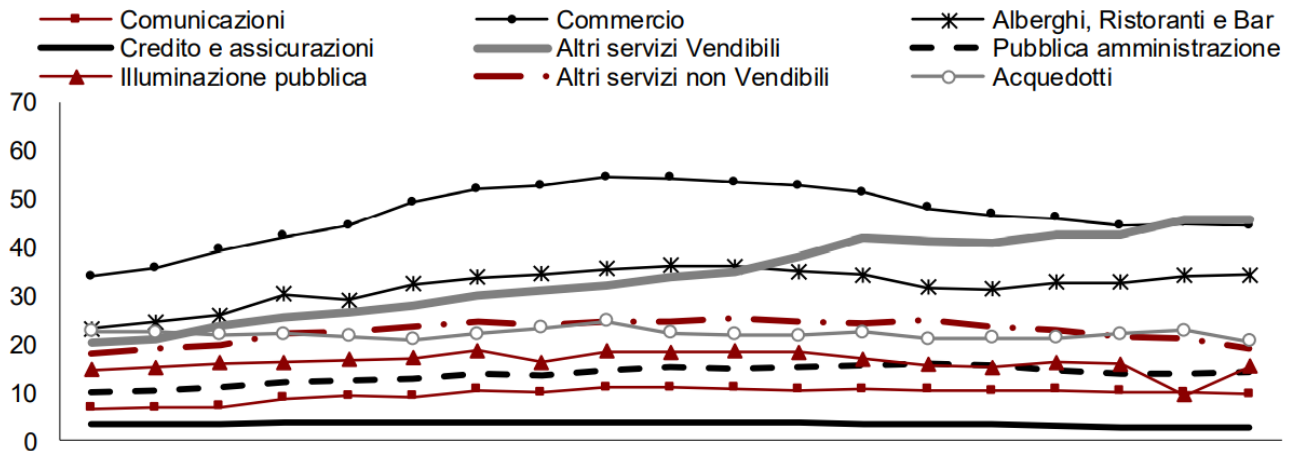


Figura 99: consumi di energia elettrica nei comparti del settore terziario, 2000-2018 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna

### 3.9.1.3 Settore industriale

I consumi finali di energia dell'industria in Sardegna riflettono il radicale processo di ridimensionamento di questo settore di attività economiche. Nel 2000 i consumi complessivi dell'industria, pari a circa 1.400 ktep, erano coperti da 501 ktep di energia elettrica (36%) e da circa 890 ktep di prodotti petroliferi (54%)

Nel 2019 i circa 410 ktep di consumi finali di energia dell'industria sarda sono coperti da 183 ktep di energia elettrica (45%), da circa 194 ktep di prodotti petroliferi (48%) e da 30 ktep di consumi di altri prodotti energetici (7%) che oggi sono costituiti quasi esclusivamente da combustibili solidi a cui si aggiungono piccolissime quote di calore derivato e i consumi della prima utenza di GNL della Sardegna. Dal 2000 al 2019 i consumi di prodotti petroliferi nel settore industriale si sono ridotti a poco più di un quinto di quelli iniziali (-78%) e quelli elettrici a circa un terzo di quelli del 2000 (-63%), come mostrato nella Figura 100.

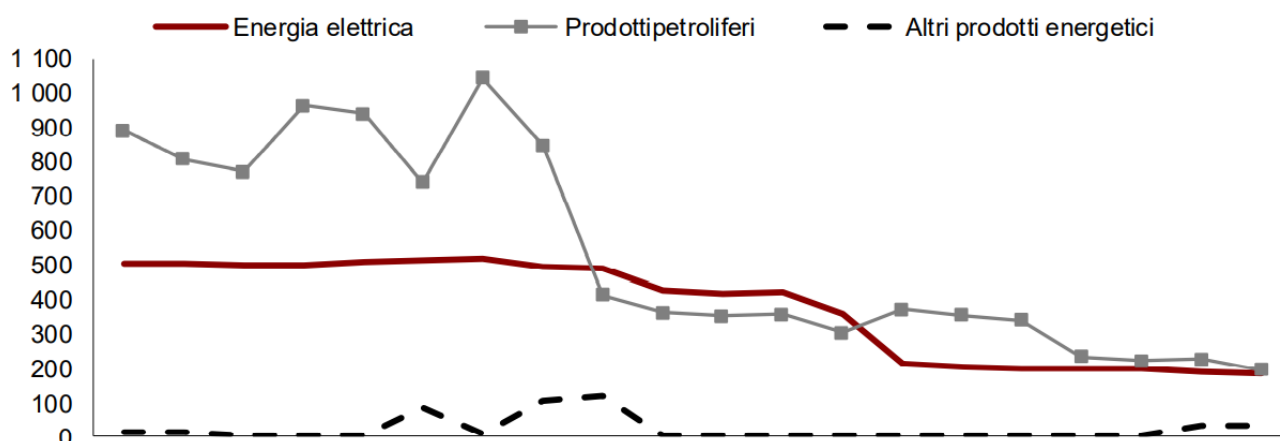


Figura 100 - consumi finali di energia nel settore industriale, 2000-2019 (ktep). Fonte: Enea e stime REF-E su dati Terna, Enea, Mse, e Regione Sardegna

I dati sui consumi elettrici dei diversi settori di attività industriali consentono di cogliere alcune delle principali dinamiche di trasformazione nei consumi di energia in questo macrosettore (Figura 101).

Nel 2000, i consumi elettrici del settore dei metalli non ferrosi (principalmente lavorazione di minerali di alluminio) ammontavano a 257 ktep, pari al 44% dei consumi elettrici dell'industria. Nel 2018<sup>31</sup> questi consumi si sono ridotti a 61 ktep, meno di un quarto di quelli del 2000, con un peso del 20%. Nel 2000 il secondo settore industriale per consumi elettrici della Sardegna era quello della chimica che consumava 170 ktep, pari a quasi il 30% dei consumi elettrici industriali dell'isola. Nel 2018 i consumi elettrici della chimica si sono più che dimezzati e pesano per il 25% superando quelli del comparto metalli non ferrosi. Il terzo comparto per importanza è quello definito "consumi di energia elettrica del settore energia" che nelle statistiche energetiche non fa parte dei consumi finali, e che comprende estrazione di combustibili, raffinazione e cokerie, elettricità e gas. Nel caso della Sardegna sono prevalentemente costituiti dai consumi della raffineria di Sarroch. Nel 2000 i consumi di energia elettrica per le suddette attività erano pari a circa 80 ktep (14% del totale), mentre nel 2018 hanno superato quelli per i metalli non ferrosi e per la chimica, con più di 120 ktep (quasi il 40% del totale).

Oltre ai tre settori prevalenti descritti sopra, nei consumi elettrici dell'industria sono significativi quelli delle industrie dei materiali da costruzione e quelli delle industrie agroalimentari. Il settore materiali da costruzione nel 2018 fa registrare consumi elettrici per 12 ktep (4.1% del totale), consumi che si sono più che dimezzati rispetto a quelli del 2000. Il comparto delle industrie agroalimentari nel 2018 ha avuto consumi elettrici per 15 ktep (5%), ed è l'unico settore che ha mantenuto lo stesso livello dei consumi del 2000. I consumi

<sup>31</sup> I dati di Terna per i consumi di energia elettrica regionali suddivisi per i comparti del settore industriale sono disponibili fino al 2018.

elettrici di tutti gli altri settori industriali della Sardegna sono passati da 28 ktep nel 2000 a 19 ktep nel 2018 e oggi pesano per circa il 6%.

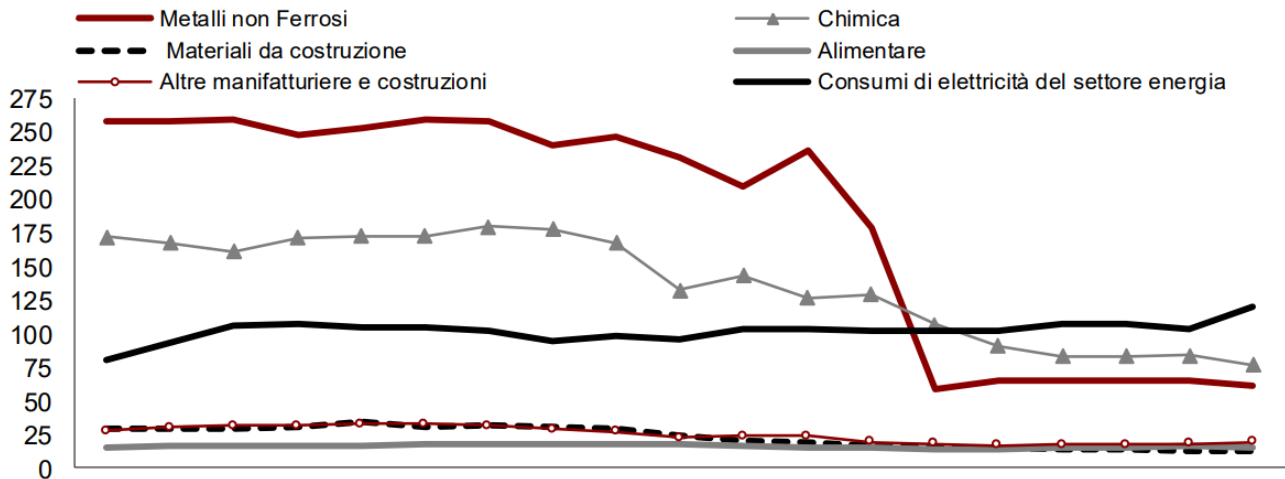


Figura 101 - consumi di energia elettrica nei comparti del settore industriale, 2000-2018 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna

Per quanto riguarda i consumi finali per usi termici delle diverse tipologie di prodotti petroliferi nel settore industriale a livello regionale, questi sono stati pari a circa 194 ktep nel 2019, suddivisi tra GPL, gasolio, olio combustibile e coke di petrolio così come mostrato in Figura 102.

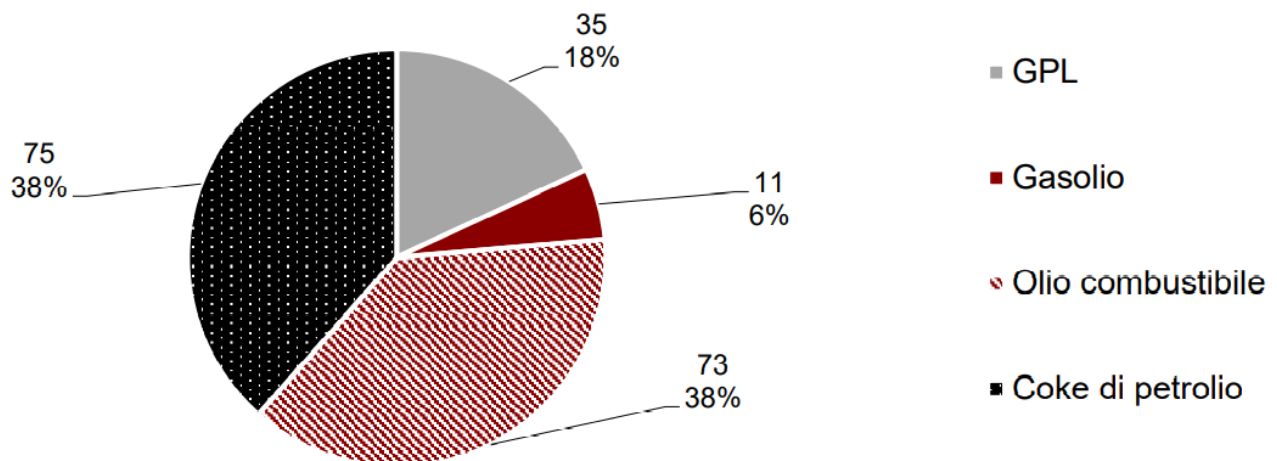


Figura 102 - consumi finali di prodotti petroliferi nell'industria, 2019 (ktep e %). Fonte: elaborazione e stime REF-E su dati MSE, Terna, Enea, GSE e RSE

Nel 2019 l'olio combustibile e il coke di petrolio costituiscono i due prodotti petroliferi più utilizzati con un consumo ciascuno di circa 75 ktep (pari al 38%). Segue per importanza nei consumi finali dell'industria l'utilizzo del GPL per 35 ktep (18%). Infine, il gasolio, con 11 ktep nel 2019, pari a circa il 6% dei consumi finali dei prodotti petroliferi dell'industria. In termini generali si può evidenziare che la prevalenza dei consumi finali di prodotti petroliferi dell'industria sarda ha origine da prodotti legati alla presenza nell'isola di un grande impianto di raffinazione del petrolio a Sarroch. Si tratta in particolare del coke di petrolio e altri prodotti petroliferi. L'uso di alcuni di questi prodotti (come il coke di petrolio) si caratterizza anche per il fatto che in alcuni casi hanno un utilizzo sia energetico sia di processo in alcuni ambiti specifici nei settori della chimica o dei materiali da costruzione come il cemento.

### 3.9.2 Settore dei trasporti

Dal 2000 al 2019 il volume complessivo dei consumi di energia per trasporti è rimasto sostanzialmente stabile con un valore medio di circa 1.250 ktep, che sono coperti al 99% da prodotti petroliferi (Figura 103). Nel 2019 tale valore è stato di circa 1.380 ktep. Il principale prodotto petrolifero, utilizzato per diverse modalità di trasporto, è il gasolio che nel periodo considerato è passato da circa 500 a 760 ktep con un incremento del 50%. Nel 2019 il peso del gasolio nei consumi di energia per trasporti della Sardegna è stato del 55% rispetto a un valore del 43% nel 2000 (Figura 104). Oggi il secondo prodotto petrolifero è la benzina, utilizzata quasi esclusivamente nel trasporto stradale leggero, che nei primi anni 2000 registrava un consumo di poco superiore al gasolio. In diciannove anni, con un *trend* costante, i consumi di benzina della Sardegna si sono dimezzati da 507 a 257 ktep. Il peso della benzina è passato dal 45% al 19%.

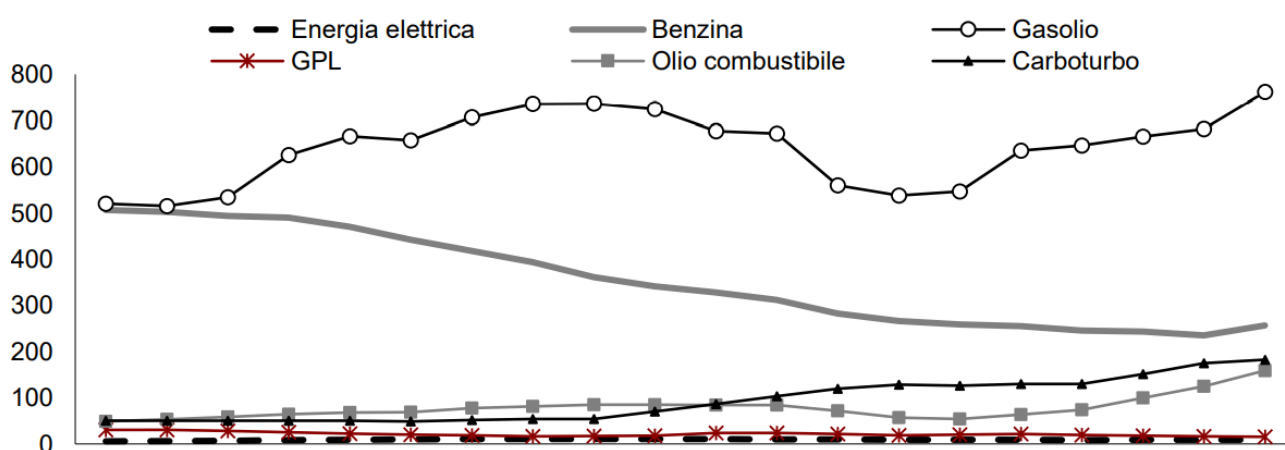


Figura 103 - consumi finali di energia nel settore dei trasporti, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse e Regione Sardegna

Nel 2019 il carboturbo, utilizzato esclusivamente nel trasporto aereo, fa registrare consumi per circa 183 ktep, pari al 13% dei consumi per trasporti che hanno avuto un *trend* di crescita quasi del 300% rispetto al 2000 (50 ktep). I consumi di olio combustibile, utilizzato esclusivamente nel trasporto marittimo, pesano per l'11% pari a circa 160 ktep nel 2019. I consumi di GPL per autotrazione in Sardegna nel 2019 sono stati 15 ktep, pari a poco più dell'1% dei consumi per trasporti facendo registrare una flessione del 49% nel periodo considerato. Molto limitati, come già visto, i consumi elettrici per trasporti in Sardegna, 9 ktep (0.6%).

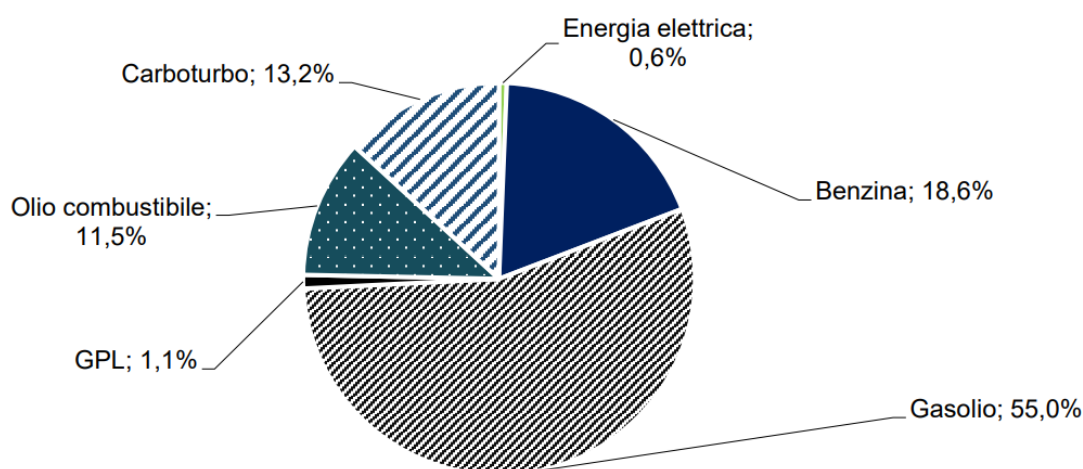


Figura 104 - Consumi finali di energia nel settore dei trasporti, 2019 (%)

L'analisi per modalità dei consumi di energia per trasporti in Sardegna (Figura 105) mostra che i consumi per il trasporto stradale leggero (inferiore alle 3.5 tonnellate) nel 2019, di 905 ktep (65% del totale), sono preponderanti rispetto a quelli delle altre modalità, seppure abbiano subito una riduzione del 6% circa rispetto al 2000 (958 ktep). All'interno di questo segmento oggi l'80% è costituito da consumi di gasolio, il 28% dalla benzina e il 2% dal GPL. Nel 2019 il trasporto stradale pesante assorbe circa l'8% dei consumi di energia per trasporti con circa 104 ktep costituiti quasi esclusivamente da gasolio<sup>32</sup>. I consumi per il trasporto aereo assorbono il 13% dei consumi di energia per trasporti con circa 183 ktep costituiti quasi esclusivamente da carboturbo. Il trasporto marittimo, infine, costituisce anch'esso circa il 13% dei consumi di energia nei trasporti pari a circa 185 ktep, coperti per l'85% da olio combustibile e per il restante 15% da gasolio marino. È necessario evidenziare che nel caso dei consumi finali regionali di olio combustibile per la navigazione interna il

<sup>32</sup> La metodologia di stima dei consumi di gasolio per il trasporto stradale pesante è illustrata nel Capitolo 6.

dato è una stima basata su informazioni raccolte dalla Regione Sardegna a partire da quelle sul traffico navale nei porti dell'isola.

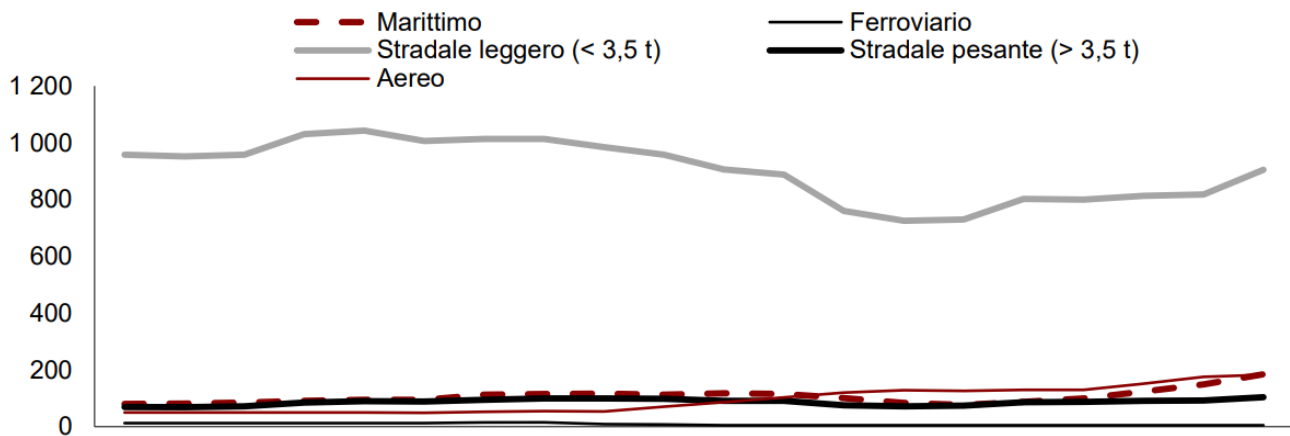


Figura 105 - consumi di energia nei trasporti per modalità, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, MSE, Enea, Gse, Regione Sardegna e Meta

In questo caso, dal punto di vista statistico, il dato non corrisponde a forniture di olio combustibile avvenute in Sardegna, ma quasi esclusivamente a forniture avvenute in altri porti per il traffico navale verso l'isola. Ciò è confermato dalle informazioni raccolte presso istituzioni e operatori del settore in base alle quali da alcuni anni non è più attivo, presso i porti sardi, il servizio di bunkeraggio di olio combustibile. Tale tipo di servizio è stato attivato a fine 2019 dalla Saras nel porto di Cagliari. Come già visto il trasporto ferroviario assorbe circa 10 ktep coperti da gasolio.

Nel grafico di Figura 106 è riportato specularmente il *mix* sardo dei consumi finali di energia nel settore dei trasporti per ogni modalità, con riferimento all'anno 2019.

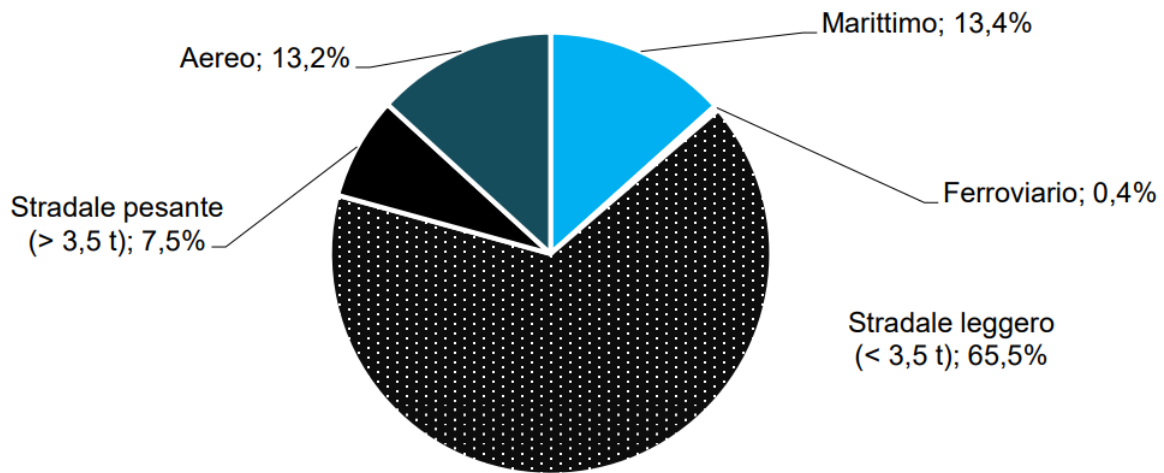


Figura 106 - Consumi finali di energia nel settore trasporti per modalità, 2019 (%)

### 3.9.3 Settore agricoltura e pesca

I consumi finali di energia nel settore dell'agricoltura e della pesca ammontano a circa 84 ktep nel 2019, stabili ai livelli del 2000 dopo la caduta registrata tra gli anni 2010 e 2014 dovuta alla riduzione dei consumi di gasolio nel settore. Nel 2019, la quota di gasolio è stata pari al 74% (62 ktep), al 23% quella dell'energia elettrica (19 ktep) e al 3% (3 ktep) quella del GPL.

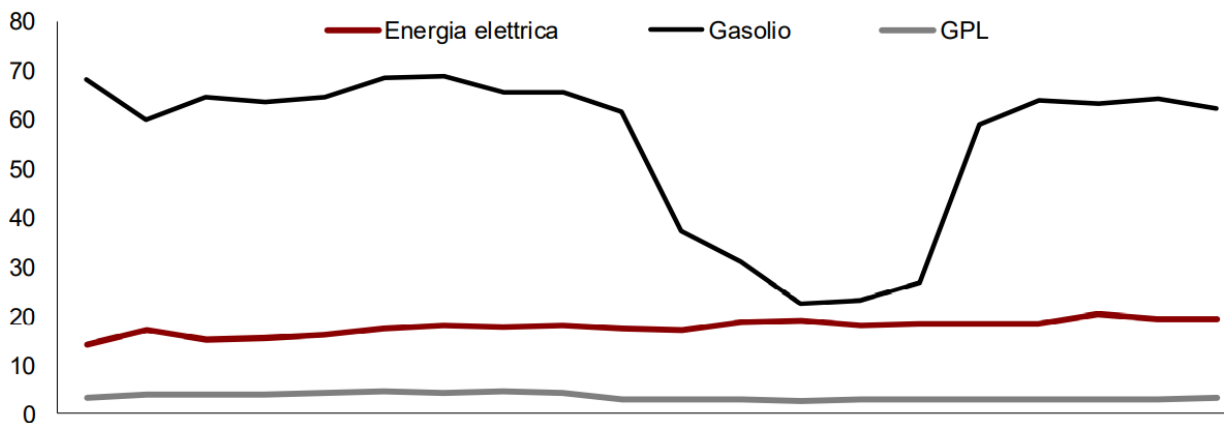


Figura 107 - Consumi finali di energia in agricoltura e pesca, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, Mse, Enea, e Regione Sardegna

### 3.10 Vendite di prodotti petroliferi in Sardegna 2000 – 2019

L'analisi dei dati sulle vendite delle diverse tipologie di prodotti petroliferi resi disponibili dal Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) a livello regionale, costituiscono la base fondamentale di partenza delle statistiche energetiche sui consumi settoriali e per le valutazioni preliminari sui potenziali di penetrazione del gas naturale negli usi civili, industriali e per il trasporto (navale e terrestre) in Sardegna.

La Figura 108 mostra l'andamento disaggregato nelle vendite delle tipologie di prodotti petroliferi (gasolio, benzina, GPL e olio combustibile) registrate dalle statistiche del MiSE nella Sardegna dal 2000 al 2019.

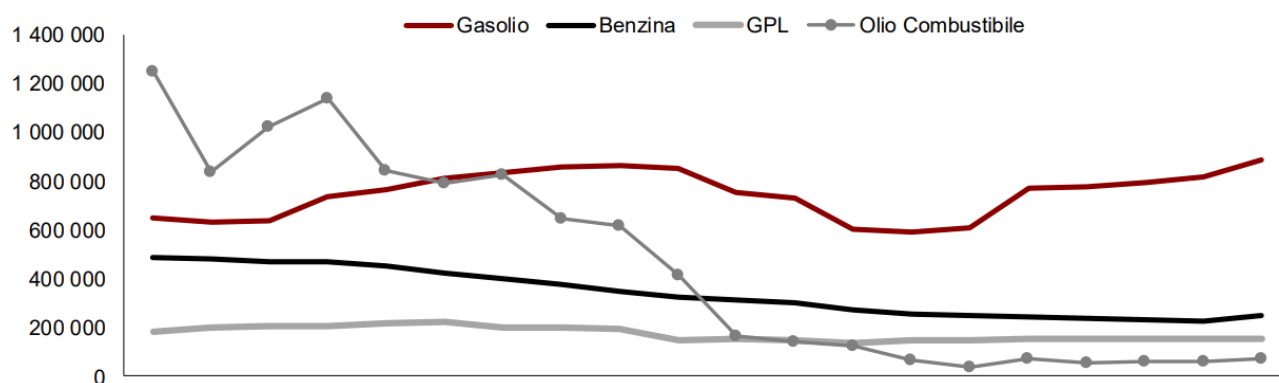


Figura 108 - Vendite di prodotti petroliferi, 2000-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Il gasolio rimane a oggi il prodotto petrolifero prevalente all'interno del *mix* delle vendite, seguito dalla benzina, dal GPL e solo in ultimo dall'olio combustibile (che fino al 2004 occupava invece il primo posto).

Sulla base dei dati del MiSE, nel 2019 (Figura 109), il volume complessivo di vendite di prodotti petroliferi nella Sardegna è stato di circa 1.352.00 tonnellate, di cui il 66% di gasolio (885.300 t), il 18% di benzina (244.670 t), l'11% di GPL (153.880 t) e il 5% di olio combustibile (68.560 t). Tali statistiche non comprendono i consumi di prodotti petroliferi per bunkeraggio.



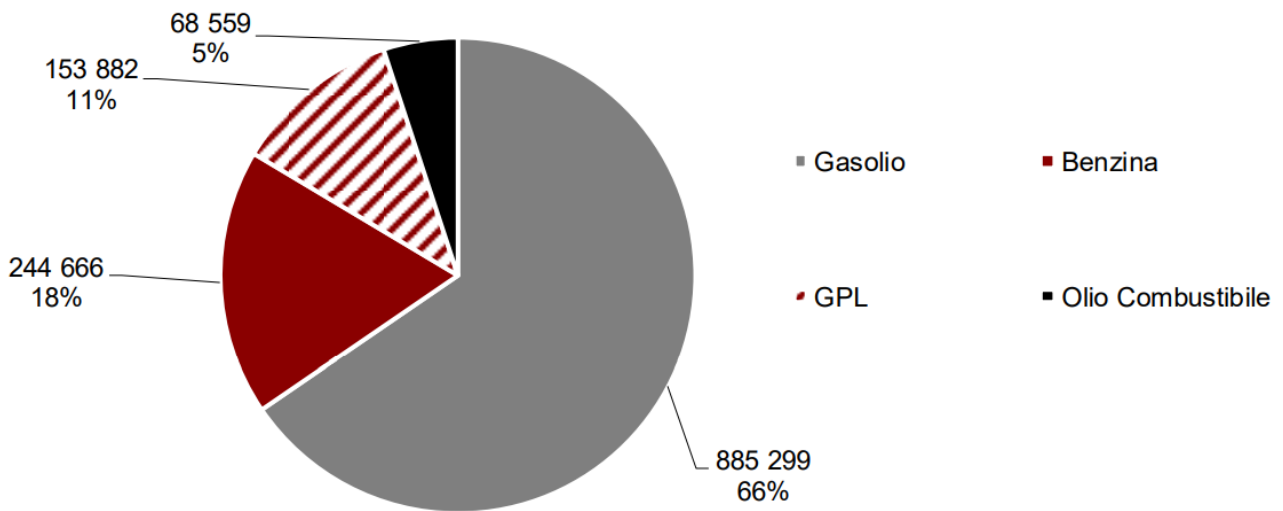


Figura 109 - Vendite di prodotti petroliferi, 2019 (t e %)

L'aggregato più importante è quello dei vari tipi gasolio. Come mostrato nella Figura 110 e nella Figura 111, nel 2019 le vendite complessive di gasolio nella Sardegna sono state di gasolio motori per l'82% (721.576 t), di gasolio per il riscaldamento per l'11% (99.514 t), di gasolio agricolo per il 7% (60.993 t) e per lo 0.4% (3.216 t) di gasolio per la generazione termoelettrica.

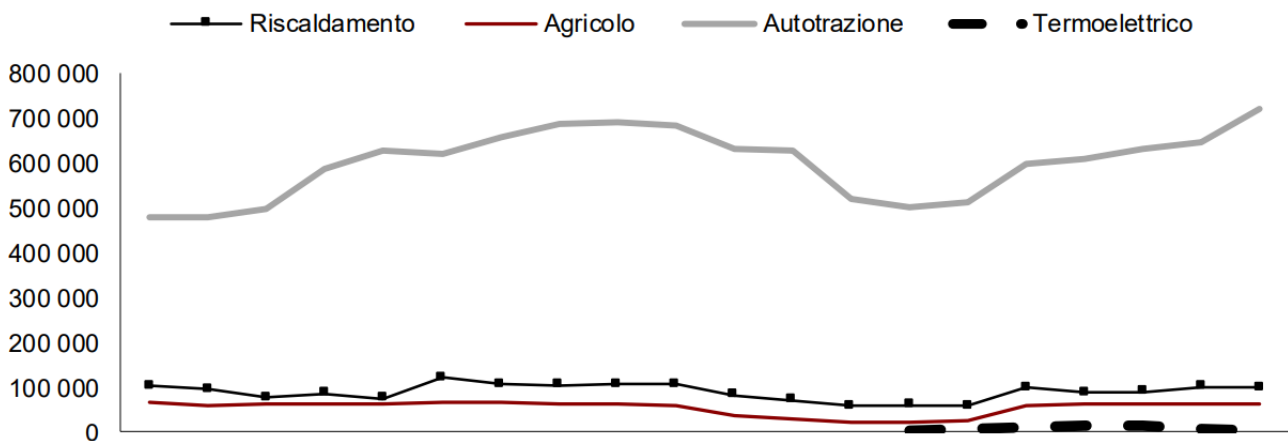


Figura 110 - Vendite di gasolio, 2000-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

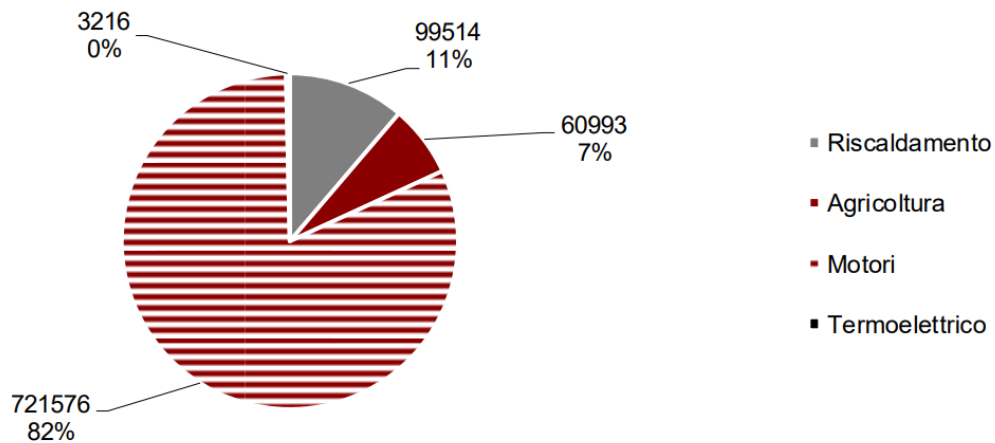


Figura 111 - Vendite di gasolio, 2019 (%). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Per una valutazione preliminare sui potenziali di penetrazione del gas naturale in Sardegna è particolarmente rilevante il ruolo attuale del GPL nei consumi energetici dell'isola. Sulla base dei dati del MiSE, nel 2019 il volume complessivo delle vendite di GPL in Sardegna, è stato poco più di 150.000 tonnellate, per il 9% (14.065 t) per autotrazione e per il 91% (139.800 t) per combustione (Figura 112 e Figura 113).

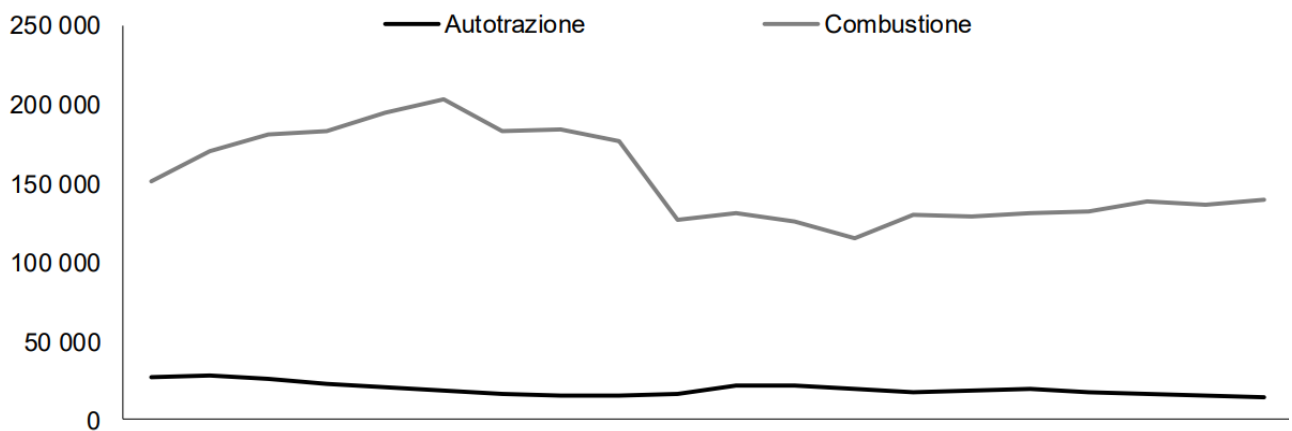


Figura 112 - Vendite di GPL, 2000-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

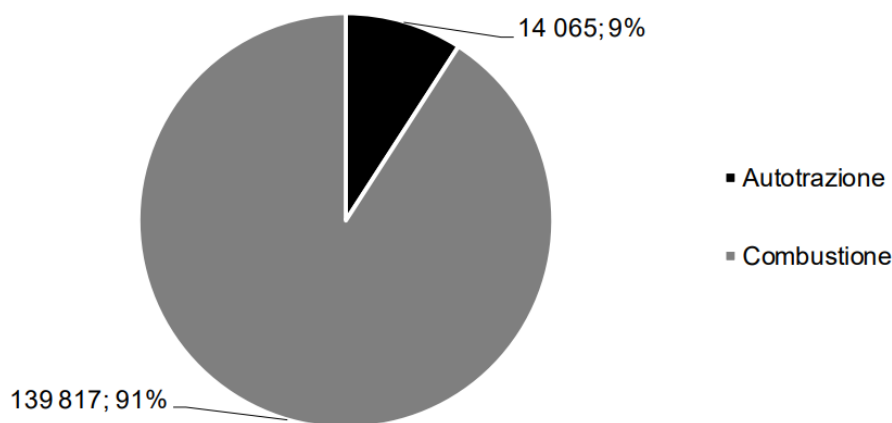


Figura 113 - Vendite di GPL, 2019 (t e %). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Secondo le statistiche del MiSE nel 2019 il 32% (44.946 t) è stato venduto tramite bombole, il 23% (32.726 t) tramite forniture a serbatoio e il restante 45% (62.145 t) in altri modi, non specificati dalle statistiche del MiSE (**Figura 23**). All'interno di quest'ultimo valore ricadono i volumi di GPL e aria propanata, distribuiti tramite reti di distribuzione di gas, diversi dal gas naturale in esercizio in Sardegna.

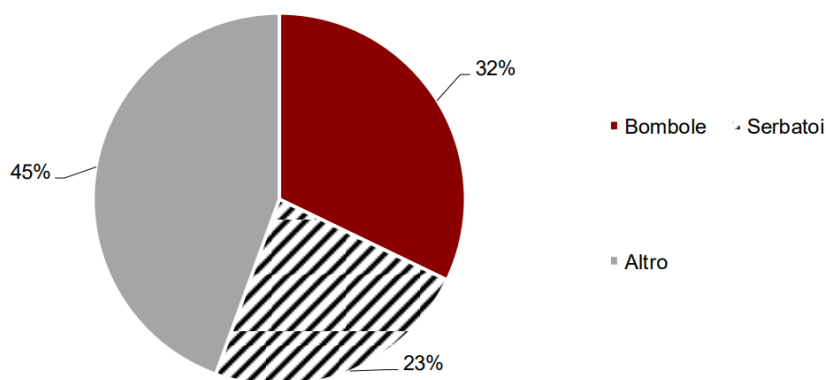


Figura 114 - Vendite di GPL per modalità, 2019 (%)

L'andamento delle vendite regionali di GPL per modalità, dal 2014 al 2019, è mostrato all'interno della Figura 115.

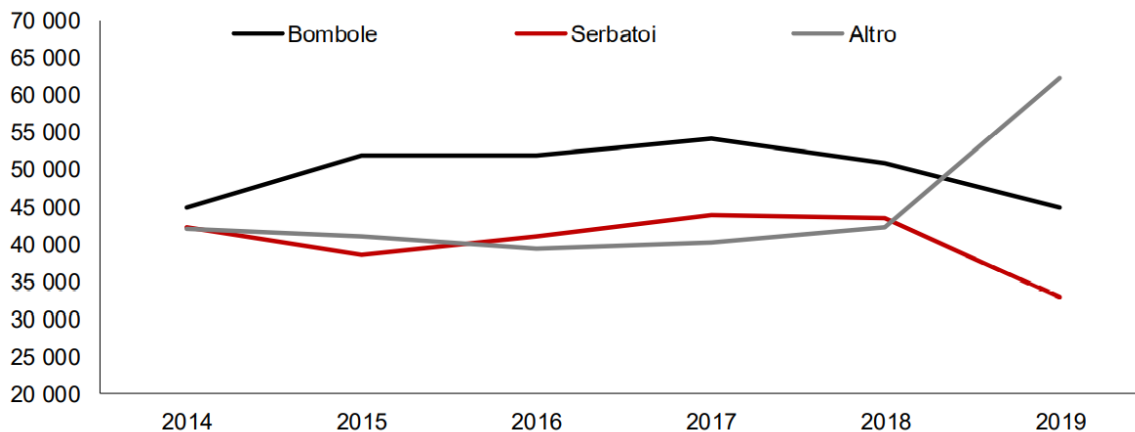


Figura 115 - Vendite di GPL per modalità, 2014-2019 (t). Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

### 1.8 Reti isolate a GPL o ad aria propanata

In base ai dati dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), nel 2019 in Sardegna le reti di distribuzione in concessione hanno erogato 14.3 milioni di metri cubi di gas diversi dal gas naturale (Figura 116): di cui circa 11.7 milioni di metri cubi di aria propanata (16.6 ktep) e circa 2.6 milioni di metri cubi di GPL (5.1 ktep).

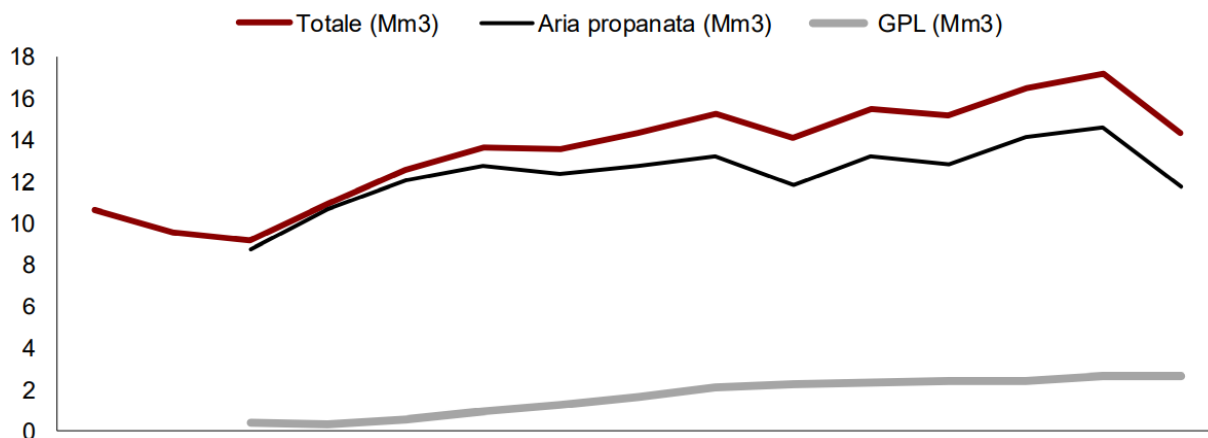


Figura 116 - Volumi di gas diversi dal gas naturale distribuiti da reti isolate, 2005-2019 (Mm3)

:

I volumi erogati dalle reti di distribuzione di gas, diversi dal gas naturale, in Sardegna sono passati da circa 10 milioni di metri cubi del 2005 a poco più di 14 milioni nel 2019, pari a circa 21.8 ktep di contenuto energetico (Figura 117). Mentre la distribuzione del GPL ha mantenuto un *trend* crescente nel corso degli anni considerati, l'erogazione di aria

propanata ha subito un modesto calo dopo aver raggiunto il picco di circa 17 milioni di metri cubi nel 2018 (-20% rispetto al 2019).

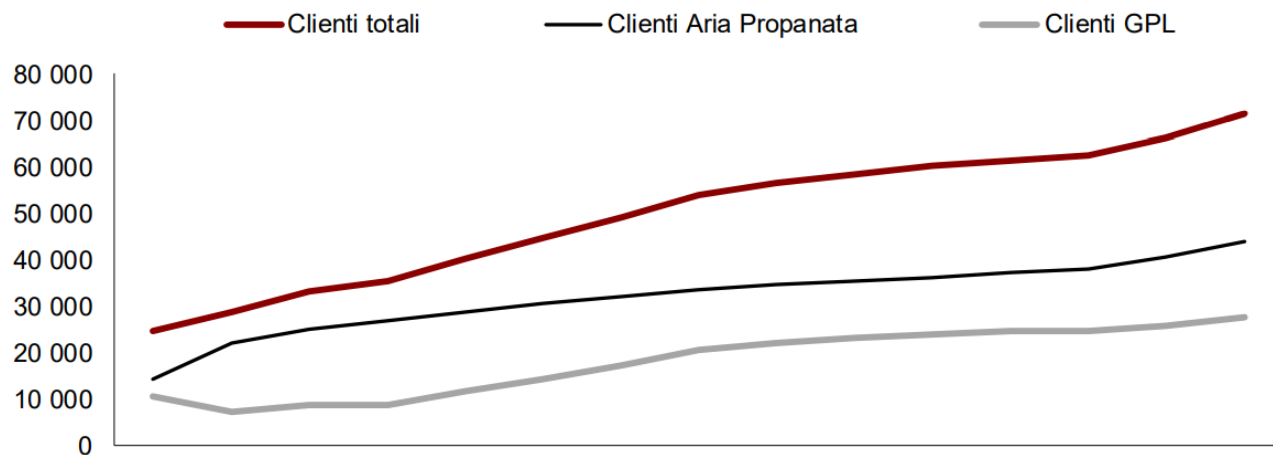


Figura 117 - UtENZE di gas diversi dal gas naturale servite da reti isolate, 2005-2019 (n). Fonte: elaborazione REF-E su dati ARERA

Secondo i dati ARERA, le utenze di reti gas sono passate da 24.500 nel 2005 a 71.500 nel 2019, con un incremento di oltre il 190%. Nel 2019 quasi 44.000 (61%) sono utenti di reti ad aria propanata e 27.700 (39%) di reti a GPL.

Negli ultimi anni, mediamente, le reti che distribuiscono GPL hanno fornito circa 95 mc/utenza all'anno, mentre quelle che distribuiscono aria propanata hanno fornito circa 350 mc/utenza all'anno.

Dal 2005 al 2019, in 15 anni, lo sviluppo delle reti in di distribuzione di gas, diversi dal gas naturale, in Sardegna è quasi triplicato passando da 840 a quasi 2.500 km (Figura 118). Nel 2019 circa il 48% sono reti a media pressione, circa il 51 % sono reti a bassa pressione, mentre solo lo 0.3% sono reti ad alta pressione. Per le reti sarde il rapporto tra estensione lineare e numero di utenti serviti oggi è, mediamente, pari a circa 35 metri lineari per utente servito.

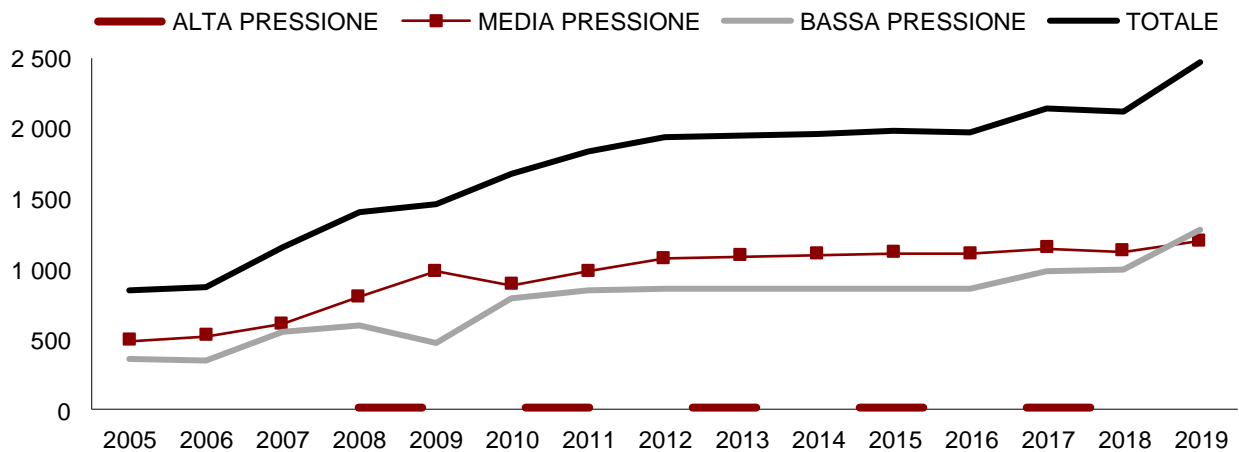


Figura 118 - Sviluppo reti di distribuzione di gas diversi dal gas naturale, 2005-2019 (km). Fonte: elaborazione REF-E su dati ARERA

Secondo i dati ARERA dal 2005 al 2019 i Comuni serviti da reti gas sono passati da 44 a 115 (+161%). Nel 2019, sono 9 gli operatori che gestiscono le reti di distribuzione in esercizio (Figura 119).

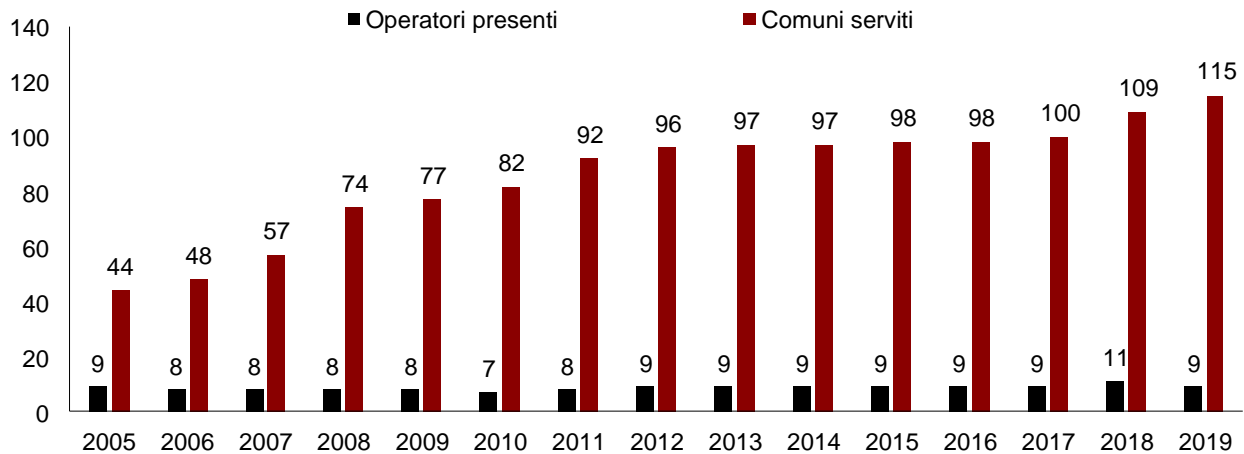


Figura 119 - Operatori e comuni serviti da reti di distribuzione di gas diversi dal gas naturale, 2005-2019 (n). Fonte: elaborazione REF-E su dati ARERA

### 3.11 Consumi per le trasformazioni energetiche in Sardegna

#### 3.11.1 Consumi per la raffinazione e mercato regionale dei prodotti petroliferi

L'attività di raffinazione svolta dall'impianto SARAS di Sarroch rappresenta il principale comparto di trasformazione di risorse energetiche della Sardegna. La raffineria SARAS ha assorbito, tra il 2000 e il 2019, mediamente 14 milioni di tonnellate di greggio l'anno (Figura 120). La produzione di prodotti petroliferi è mediamente di 12 milioni tonnellate all'anno, circa 7 volte l'attuale domanda complessiva di prodotti petroliferi dell'isola negli ultimi anni (circa 1.5 milioni di tonnellate all'anno in media).

I volumi di gasolio e benzine prodotti dalla raffineria sono dieci volte superiori a quelli assorbiti dal mercato sardo e, quindi, destinati prevalentemente ai mercati nazionale e internazionale dei prodotti petroliferi. Nel 2019 i volumi prodotti di gasolio e kerosene sono stati pari a 7.5 milioni di tonnellate, mentre quelli di benzina e *virgin nafta* sono stati pari a 4 milioni di tonnellate. Nel caso degli olii combustibili e del GPL i volumi prodotti dalla raffineria sono dello stesso ordine di grandezza di quelli assorbiti dal mercato sardo. Nel 2019 i volumi prodotti di olii combustibili e altri semilavorati pesanti sono stati pari a circa 600 mila tonnellate, mentre quelli di GPL pari a quasi 300 mila tonnellate. La produzione totale di TAR (il residuo pesante della distillazione del petrolio grezzo) è stata pari a circa 1 milione di tonnellate nel 2019. Tale prodotto è destinato al processo di gassificazione per la produzione di *Syngas* destinato alla generazione termoelettrica (illustrato nel paragrafo successivo).

Il mercato energetico sardo, in particolare per i consumi finali del settore industria, costituisce inoltre uno sbocco rilevante per alcuni sottoprodotti dell'attività di raffinazione dell'impianto di Sarroch, come nei casi del gas di raffineria, del Pet coke e dello zolfo.

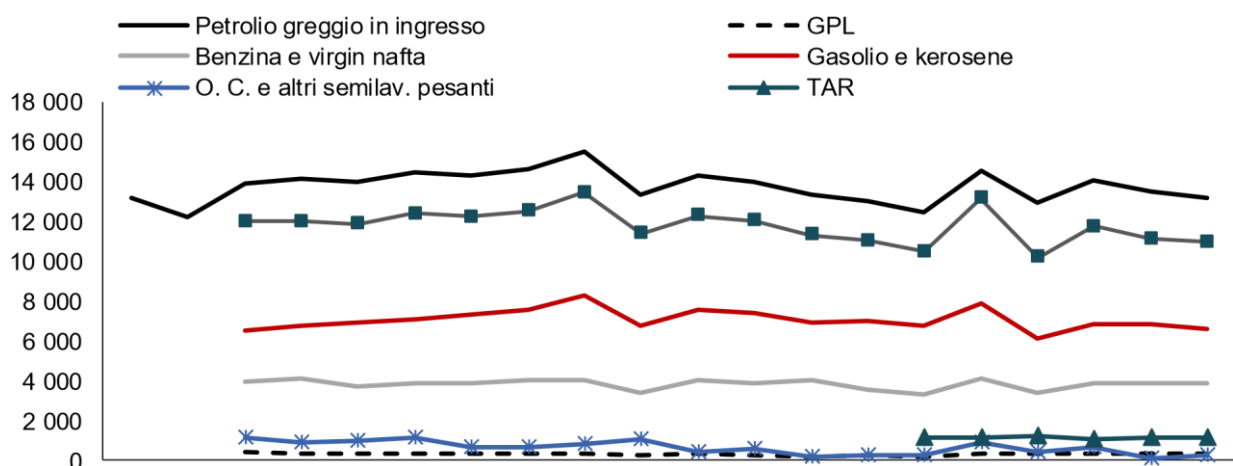


Figura 120 - Attività di raffinazione, 2000-2019 (kt). Fonte: elaborazioni REF-E su dati UP, Regione Sardegna e Saras

I prodotti della raffineria non sono l'unica fonte di approvvigionamento di prodotti petroliferi per il mercato regionale, sull'isola sono presenti una serie di depositi costieri di oli minerali localizzati nei porti di Oristano, Porto Torres, Porto Vesme, e Porto Foxi - Sarroch, che costituiscono un'alternativa per l'approvvigionamento di Benzina, gasoli, GPL e olii combustibili da parte dei grossisti e degli operatori commerciali che operano nella vendita agli utenti finali nei vari settori di utilizzo.

Il mercato regionale viene prevalentemente rifornito dai prodotti della raffineria che vengono ceduti ai grossisti che operano presso i depositi dell'isola spesso con contratti di permuta (*swap* fisico) presso altri depositi di prodotti petroliferi al di fuori della Sardegna.

### 3.11.2 Consumi del settore termoelettrico

Con riferimento al settore della generazione elettrica, l'analisi non può assumere solo una dimensione regionale, per la natura stessa dell'assetto infrastrutturale e del mercato italiano. In particolare, con l'avvio del SAPEI la Sardegna è divenuta una regione esportatrice di energia elettrica, anche a fronte di una domanda interna calante (Figura 121).

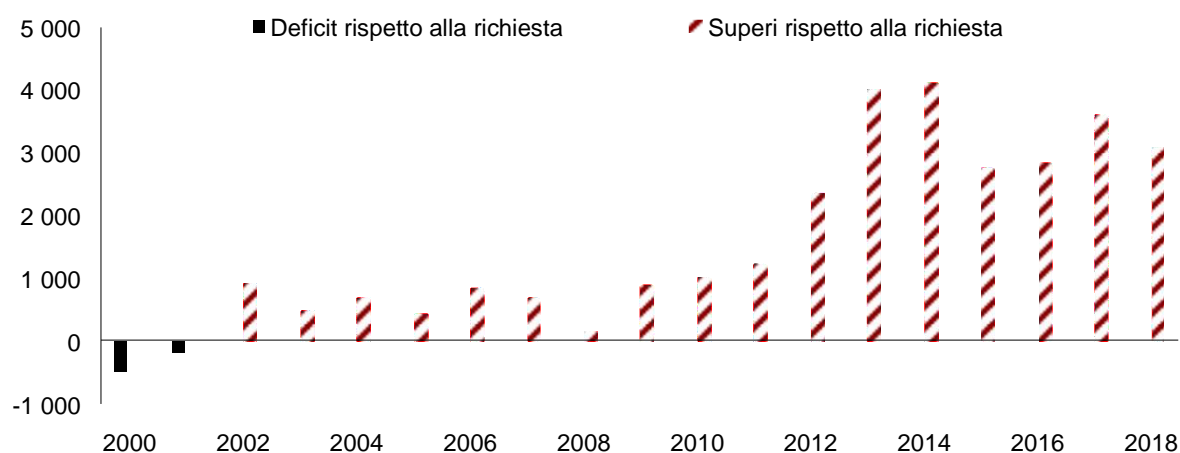


Figura 121 - Saldo import-export regionale di elettricità, 2000-2018 (GWh). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna

A fronte di una produzione relativamente costante negli anni, dal 2000 al 2019 la quota delle rinnovabili (che rappresenta il 27% del totale) è aumentata notevolmente, superando i 300 ktep nel 2019, a differenza della produzione idroelettrica da pompaggi che rappresenta una minima quota del *mix* con poco più di 9 ktep (1% del totale). La produzione da fonti fossili ha seguito un *trend* decrescente dal 2000 al 2016, per poi stabilizzarsi in media sugli 870 ktep dal 2017. Tuttavia, le fonti fossili continuano a rappresentare la quota più consistente del *mix*, rappresentando quasi il 72% del totale (Figura 122).



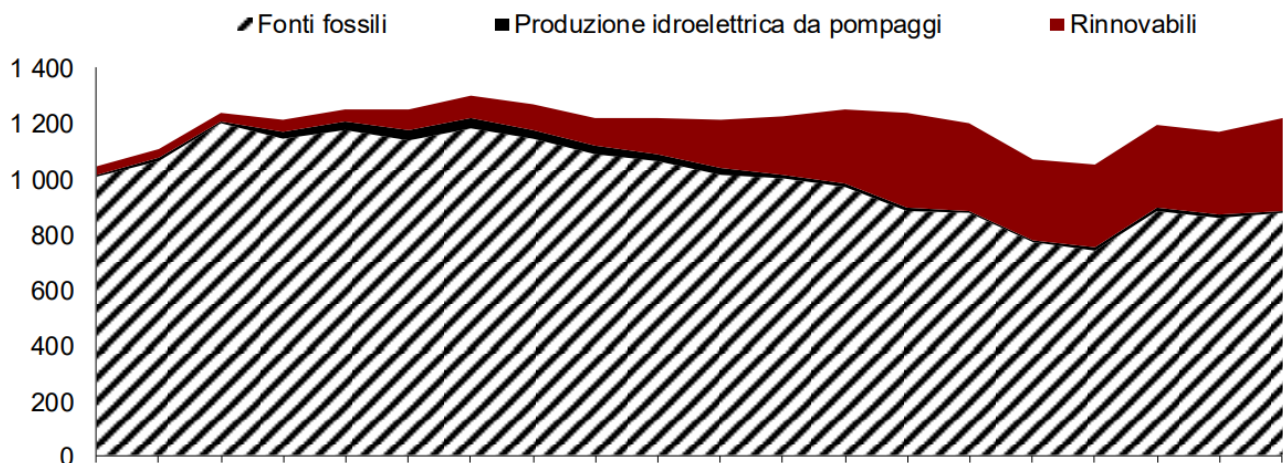


Figura 122 - Mix della generazione elettrica, 2000-2019 (ktep). Fonte: elaborazione REF-E su dati Terna

I consumi di energia primaria di fonti fossili per la generazione elettrica da alcuni anni sono costituiti da due componenti: prodotti petroliferi e carbone. I consumi di prodotti petroliferi per la produzione di elettricità sono prevalentemente quelli della centrale Sarlux collegata alla Raffineria di Sarroch. La centrale utilizza quasi esclusivamente gas di raffineria ricavato dalla gassificazione della frazione pesante dei prodotti della raffineria (TAR). L'elettricità prodotta è in parte assorbita dal processo di raffinazione e figura tra i consumi del settore energia e non dei consumi finali dell'industria. La produzione delle centrali sarde a Carbone (Fiumesanto e Sulcis) è assorbita dalla richiesta del mercato a livello regionale e nazionale.

La generazione termoelettrica totale in Sardegna nel 2018 (**Figura 32**) è stata pari a circa 10.300 GWh, coperta per il 95% dall'uso di fonti fossili (circa 9.800 GWh) e per il restante 5% dalle biomasse (440 GWh circa). La produzione fossile si distingue in generazione a carbone, che nel 2018 ha coperto più del 30% del *mix* termoelettrico sardo (oltre 4.000 GWh) e prodotti petroliferi, che nel 2018 hanno costituito oltre il 40% del *mix*, con circa 5.600 GWh. La produzione totale da fonti rinnovabili in Sardegna nel 2018 ha quasi raggiunto i 3.000 GWh, coprendo nel complesso circa il 22% del *mix* di cui 1.672 GWh di eolico, 906 GWh di solare fotovoltaico e 419 GWh di produzione idrica. La produzione idroelettrica da pompaggi, come già accennato, rappresenta soltanto l'1% del totale.

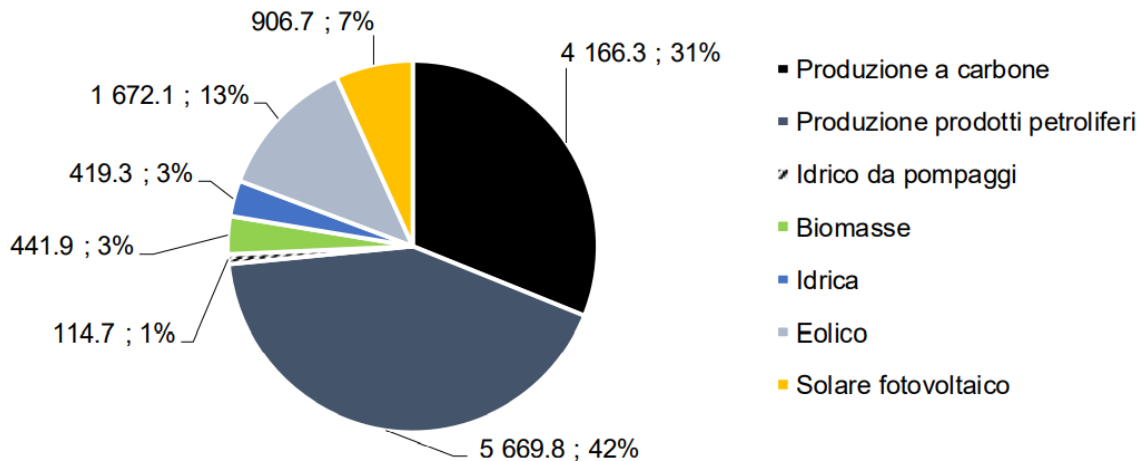


Figura 123 - Composizione del mix produttivo, 2018 (GWh). Fonte: elaborazioni REF-E su dati Terna

### 3.12 Potenziali di penetrazione del metano in Sardegna

La valutazione delle prospettive di penetrazione del gas naturale in Sardegna utilizza come punto di partenza i dati sui consumi di energia 2000-2019 dell'isola analizzati nel paragrafo 3.9 e lo scenario di riferimento per l'evoluzione dei consumi al 2030 nei diversi settori illustrato nel paragrafo successivo a questo.

Il principale aggregato *target* di penetrazione del gas naturale nella regione è costituito dai consumi finali di energia di prodotti petroliferi a cui vanno aggiunti i consumi di fonti fossili per la generazione elettrica.

Successivamente si effettuano valutazioni relative a due scenari di penetrazione del gas naturale nei consumi in sostituzione dei prodotti petroliferi utilizzati nei diversi settori, denominati "Base" e "Alta penetrazione". L'analisi sui potenziali di penetrazione prende in considerazione anche le opportunità offerte dal settore della generazione termoelettrica.

Per gli scenari dei potenziali effettivi di penetrazione del gas naturale nei diversi settori si effettua anche una valutazione del ruolo che potranno avere nella metanizzazione della Sardegna le due possibili *supply chain* del gas naturale a valle dell'approvvigionamento di GNL presso gli stoccaggi costieri o galleggianti: 1) quella basata sull'utilizzo di impianti rigassificazione, rete di trasporto del gas naturale e reti di distribuzione; e 2) quella basata sul downstream del GNL (SSLNG) tramite autocisterne criogeniche

La Figura 114 seguente schematizza le chiavi di lettura utilizzate per effettuare la valutazione di potenziali di penetrazione del gas naturale in Sardegna.

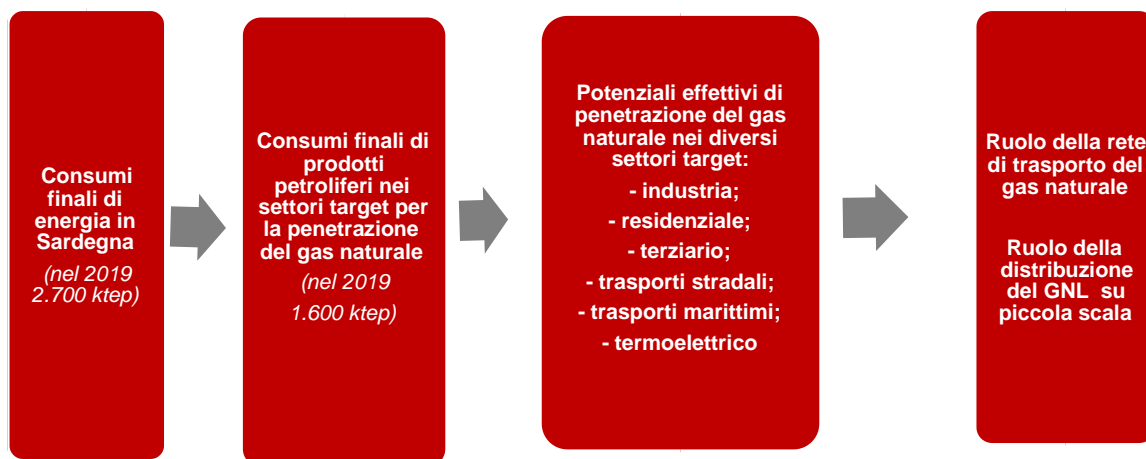


Figura 124 - Consumi di energia, settori target e potenziali di penetrazione per il GN (Fonte: elaborazione REF-E)

### 3.12.1 Scenario di evoluzione dei consumi al 2030

Le previsioni e gli scenari di evoluzione dei consumi finali di energia sono stati costruiti a partire dai dati storici 2000-2019 illustrati nel paragrafo 3.9 (Figura 94). Gli scenari al 2030 sono stati elaborati utilizzando i *trend* degli scenari “base” e “obiettivo” adottati dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima dell’Italia<sup>33</sup> notificato dal Governo alla Commissione Europea nei primi giorni del 2020. Le previsioni per l’anno 2020 tengono conto degli effetti della crisi economica indotti dall’emergenza pandemica sui consumi di energia di alcuni settori. Tali effetti in alcuni casi come quello dei trasporti sono attesi anche nei primi anni successivi. Per il complesso dei consumi di energia non si ipotizzano effetti strutturali sulle previsioni degli scenari al 2030.

Ai fini della valutazione dei potenziali di penetrazione del metano in Sardegna tra il 2021 e il 2030 si ritiene adeguata la proiezione dei *trend* settoriali nazionali indicati dagli scenari del PNIEC alla realtà regionale sarda.

Lo scenario “base” del PNIEC prevede una riduzione del complesso dei consumi finali di energia del 2,7% in 10 anni, con una riduzione dell’1.1% nel primo quinquennio e un’accelerazione di tale *trend* nel secondo (-1.6%). Tale scenario prevede rilevanti incrementi dell’efficienza energetica, anche a politiche correnti, e la prosecuzione del processo di disaccoppiamento tra il valore della produzione economica e quello dei consumi di energia. Tali *trend* sono differenziati nei diversi settori in base a specifiche ipotesi. Lo scenario “obiettivo” del PNIEC indica una riduzione del complesso dei consumi finali di

<sup>33</sup> [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC\\_finale\\_17012020.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf)

energia del 10% nel decennio con una progressione lineare collegata al raggiungimento degli obiettivi 2030 di efficienza energetica indicati dalla UE, e in particolare alla traiettoria prevista dal conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmi obbligatori nei consumi finali di energia definiti dall'articolo 7 della direttiva UE per l'efficienza energetica. Nel PNIEC gli obiettivi di riduzione sono differenziati nei settori di consumo in funzione dei diversi potenziali di incremento dell'efficienza energetica e dei loro costi.

Nel caso della Sardegna, tenuto conto dello specifico peso dei diversi settori di consumi finali di energia (Figura 125) come effetto della crisi economica indotta dall'emergenza pandemica, è attesa per il 2020 una riduzione del complesso dei consumi finali di energia di circa il 12% , rispetto al 2019, legata principalmente alle conseguenze nel settore dei trasporti, dell'industria e del terziario.

Con riferimento al **settore residenziale** lo scenario "base" adottato prevede una riduzione dei consumi di energia del 4.6% in 10 anni, con una riduzione del 3.5% nel primo quinquennio e una decelerazione di tale *trend* nel secondo (-1.2%). Tale scenario prevede significativi incrementi dell'efficienza energetica degli edifici abitativi anche a politiche correnti e la prosecuzione del processo di disaccoppiamento tra l'andamento dei processi socio demografici che prevedono un aumento delle famiglie e delle abitazioni occupate da residenti anche in Sardegna. Lo scenario "obiettivo" indica una riduzione del complesso dei consumi finali di energia del settore residenziale di circa il 10% nel decennio collegata agli ulteriori incrementi dell'efficienza energetica nelle abitazioni, conseguiti come effetto delle nuove politiche per il raggiungimento degli obiettivi 2030.

Anche in Sardegna in base ai *trend* su base mensile dei consumi nel residenziale non sono attesi effetti significativi della crisi pandemica a fine 2020 sul livello dei consumi nel residenziale rispetto a quelli del 2019.

Nel 2030 i consumi del settore residenziale in Sardegna sarebbero di circa 636 ktep nello scenario "base" e invece di circa 598 ktep nel caso dello scenario "obiettivo", rispetto al livello del 2020 pari a circa 667 ktep.

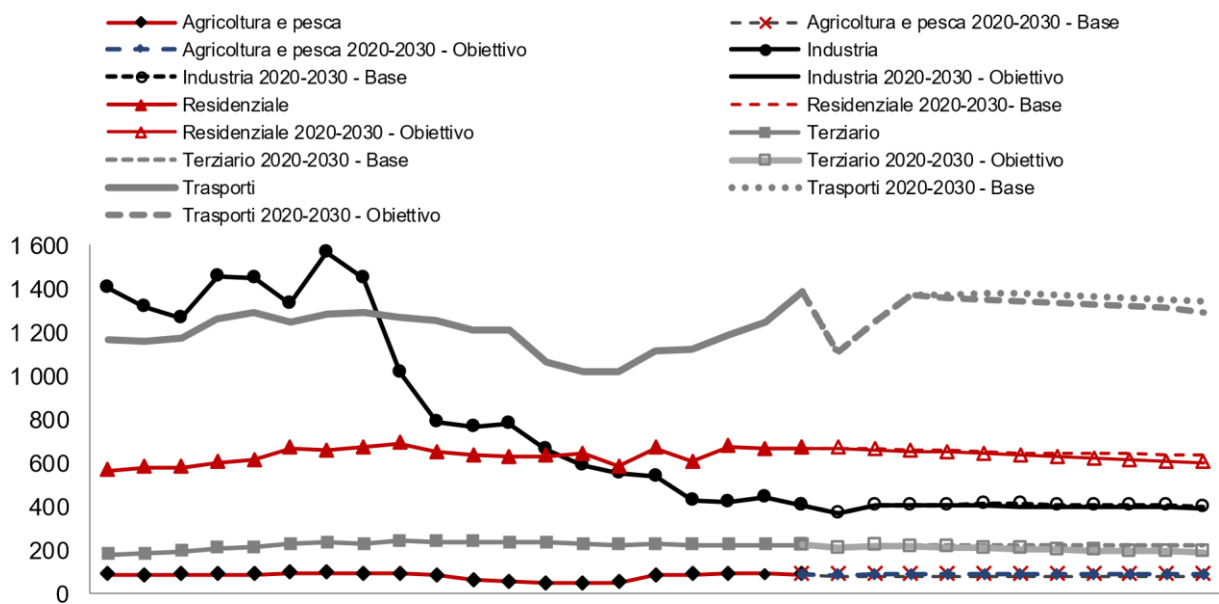


Figura 125 - Consumi FINALI di energia 2000-2019 e previsioni e scenari 2020-2030. Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Terna, Mse, Enea, Gse e Regione Sardegna

Con riferimento al **settore terziario** lo scenario “base” adottato prevede una sostanziale stabilità dei consumi di energia nel decennio. Tale scenario prevede che i rilevanti incrementi dell’efficienza energetica negli usi energetici del terziario anche a politiche correnti siano controbilanciati dagli aumenti di livello di attività attesi in termini di valore aggiunto del settore. Lo scenario “obiettivo” indica una riduzione del complesso dei consumi finali di energia del terziario di circa l’15% nel decennio collegata agli ulteriori incrementi dell’efficienza energetica nel terziario, conseguiti come effetto delle nuove politiche per il raggiungimento degli obiettivi 2030.

In Sardegna, anche per l’elevatissimo tasso di penetrazione elettrica che caratterizza i consumi del terziario nella regione, in base ai *trend* su base mensile dei consumi elettrici, come effetto della crisi economica in corso, è attesa una riduzione dei consumi del settore a fine 2020 del 6%, rispetto al 2019, che verrà riassorbita già dal 2021.

Nel 2030 i consumi del settore terziario in Sardegna sarebbero di circa 220 ktep nello scenario “base” (con una stabilità rispetto al valore precrisi di 220 ktep) e invece di circa 187 ktep nel caso dello scenario “obiettivo”.

Nel **settore industria** lo scenario “base” adottato prevede una riduzione dei consumi di energia dell’1.8% in 10 anni, con una sostanziale stabilità (+0.2%) nel primo quinquennio e una riduzione del 2% nel secondo. Tale scenario prevede che gli incrementi dell’efficienza energetica negli usi energetici dell’industria anche politiche correnti siano sostanzialmente controbilanciati dagli aumenti di livello di attività attesi in termini di valore aggiunto dell’industria nel primo quinquennio. Lo scenario “obiettivo” indica una riduzione del complesso dei consumi finali di energia dell’industria di circa il 3.8% nel decennio, riduzione

collegata a ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica nelle attività industriali, conseguiti come effetto delle nuove politiche per il raggiungimento degli obiettivi 2030.

In Sardegna, in base ai *trend* nazionali su base mensile dei consumi industriali, come effetto della crisi economica in corso, è attesa una riduzione dei consumi del settore a fine 2020 del 10% rispetto al 2019, che verrà riassorbita già dal 2021.

Nel 2030 i consumi finali del settore industria in Sardegna sarebbero di circa 399 ktep nello scenario "base" (con una sostanziale stabilità rispetto al valore pre-crisi di 407 ktep), e invece un valore di circa 187 ktep nel caso dello scenario "obiettivo".

Tali scenari non contemplano gli effetti della possibile riattivazione degli insediamenti della filiera della lavorazione dell'alluminio in Sardegna.

Nel **settore trasporti** lo scenario "base" adottato prevede una riduzione dei consumi di energia del 2.6% in 10 anni, con una lieve riduzione (-0.5%) nel primo quinquennio e una più forte riduzione del 2.6% nel secondo. Tale scenario prevede che gli effetti attesi degli incrementi dell'efficienza energetica negli usi energetici nei trasporti, a politiche correnti nel settore dei trasporti, prevalgano sugli effetti dei significativi aumenti dei livelli di attività attesi in tutti i segmenti di questo comparto. Lo scenario "obiettivo" indica una riduzione del complesso dei consumi finali di energia del terziario di circa il 6.4% nel decennio collegata agli ulteriori incrementi dell'efficienza energetica nei trasporti, conseguiti come effetto delle nuove politiche per il raggiungimento degli obiettivi 2030.

In Sardegna, in base ai *trend* su base mensile dei consumi per trasporti, come effetto della crisi economica in corso, è attesa una riduzione dei consumi del settore a fine 2020 del 20% rispetto al 2019; che verrà riassorbita rispetto ai *trend* attesi a partire dal 2022.

Nel 2030 i consumi finali del settore trasporti in Sardegna sarebbero di circa 1.340 ktep nello scenario "base", e invece un valore di circa 1.290 ktep nel caso dello scenario "obiettivo".

Con riferimento al **settore agricoltura** sia lo scenario "base" sia quello "obiettivo" adottati prevedono una sostanziale stabilità dei consumi di energia nel decennio rispetto ai livelli attuali (circa 80 ktep).

### 3.12.2 Consumi di prodotti petroliferi nei settori target

Gli scenari di evoluzione dei consumi finali di energia adottati per la Sardegna da qui al 2030 consentono di utilizzare gli attuali livelli di consumi petroliferi dei diversi settori come riferimento di base per valutare i potenziali di penetrazione del gas naturale. In particolare, per il settore trasporti è necessario distinguere quelli per: il trasporto stradale leggero, il trasporto stradale pesante, il trasporto marittimo e il trasporto ferroviario. Tali consumi oggi ammontano complessivamente a circa 1.600 ktep, e nello specifico: 905 ktep per il trasporto

stradale leggero, 104 ktep per il trasporto stradale pesante, circa 185 ktep per il trasporto marittimo, 5 ktep nel trasporto ferroviario, circa 194 ktep nell'industria, 200 ktep nel residenziale e circa 16 ktep nel terziario.

Tali valori possono essere considerati come potenziali massimi teorici e punto di partenza per specifiche valutazioni, per ognuno dei diversi settori, mirate a valutare gli effettivi potenziali di penetrazione, tecnici ed economici, del gas naturale in Sardegna.

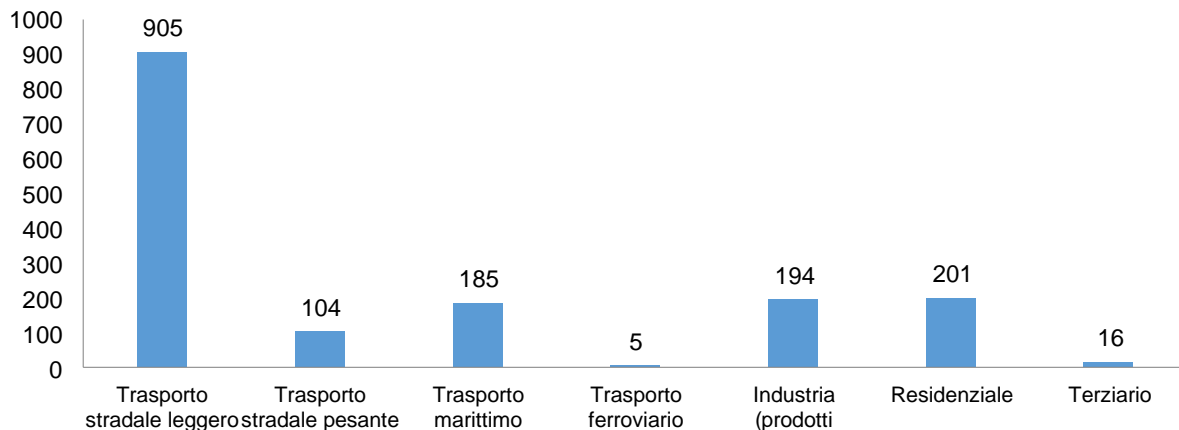


Figura 126 - Consumi finali di prodotti petroliferi nei settori target della metanizzazione, 2019 (ktep)<sup>34</sup>

### 3.12.3 Potenziali effettivi di penetrazione del gas naturale

Per valutare i potenziali effettivi di penetrazione del gas naturale nei diversi settori target in Sardegna al 2030 si formulano due scenari denominati “Base” e “Alta penetrazione”. Ambedue gli scenari ipotizzano a breve medio periodo il ristabilimento delle condizioni di prezzo del GNL rispetto ai mercati internazionali del petrolio e del GPL.

Lo **scenario “Base” di penetrazione** assume come presupposto l’assenza di nuove misure di sostegno per la diffusione del GNL e del GNC come combustibile alternative nel trasporto stradale e marittimo, la mancata adozione di nuove misure di politica ambientale come l’istituzione di un’area SECA nelle acque della Sardegna, e il mantenimento del quadro regolatorio rilevante introdotto dall’ARERA nel 2019 per le reti di distribuzione<sup>35</sup> e le infrastrutture di approvvigionamento di GNL<sup>36</sup>, senza l’attuazione di quanto previsto per la

<sup>34</sup>Fonte: elaborazione REF-E

<sup>35</sup> ARERA, delibera 474/2019/R/gas del 19 novembre 2019 - “Criteri di regolazione tariffaria del servizio di rigassificazione del gas naturale liquefatto per il quinto periodo di regolazione (2020-2023)” (RTRG), <https://www.arera.it/it/docs/19/474-19.htm> .

<sup>36</sup> ARERA, delibera 570/2019/R/gas - Regolazione delle tariffe dei servizi di distribuzione e misura del gas per il periodo di regolazione 2020-2025, <https://www.arera.it/it/docs/19/570-19.htm> .

metanizzazione della Sardegna negli indirizzi del PNIEC e dalle disposizioni dell'articolo 60 del DL semplificazioni.

Lo **scenario “Alta penetrazione”** si basa invece sulla introduzione di nuove misure di sostegno per la diffusione del GNL e del GNC come combustibile alternative nel trasporto stradale e marittimo, l'attuazione di nuove misure di politica ambientale come l'istituzione di un'area SECA nelle acque della Sardegna, e la l'attuazione di quanto previsto per la metanizzazione della Sardegna negli indirizzi del PNIEC e dalle disposizioni dell'articolo 60 del DL semplificazioni, con l'introduzione di interventi di regolazione per le infrastrutture necessarie alla metanizzazione che consentano una piena integrazione della rete (di trasporto e distribuzione) del gas naturale in Sardegna con quella nazionale con l'applicazione dei meccanismi di perequazione nei costi di infrastruttura che vengono applicati nel resto del Paese alla rete di trasporto e alle reti di distribuzione.

Per il **settore residenziale in** ciascuno dei due segmenti del settore, ossia centralizzato e autonomo, sono state valutate le prospettive di penetrazione di tutte le fonti energetiche e delle relative tecnologie, simultaneamente alla “aggredibilità” delle stesse a opera del gas naturale, da quando sarà disponibile nella Regione. L'analisi si basa sulla consistente attività di ricerca e indagine presso gli operatori realizzata da REF-E nel recente passato, e considera gli aspetti tecnici e tecnologici legati alle scelte di investimento in sistemi per *heating*, quelli regolatori, quelli economici (seppure in termini qualitativi), la propensione a cambiare tecnologia, e infine aspetti di minore importanza come l'impatto ambientale e la sensibilità del consumatore a tale aspetto.

L'ipotesi che per il settore residenziale impatta maggiormente sui due scenari è quella sull'assetto regolatorio. Nello scenario “base” il quadro regolatorio già definito potrà determinare condizioni di prezzo agli utenti per consentire lo *switch* al gas naturale delle reti distribuzione concessionate nell'ambito dei bacini regionali, e un limitato aumento della richiesta da parte degli utenti rispetto a quella attuale con le reti alimentate ad aria propanata o GPL. Nello scenario “Alta penetrazione” l'assetto regolatorio determinerà invece condizioni di prezzo per gli utenti che consentiranno, oltre allo *switch* delle reti già in esercizio, un significativo aumento della richiesta da parte degli utenti rispetto a quella attuale, in linea con quella delle reti alimentate a gas naturale in contesti climatico-territoriali analoghi.

In sintesi, per quanto concerne il segmento centralizzato, gli scenari Base e Alta penetrazione gas si caratterizzano come segue. Gasolio e GPL, che soddisfano attualmente circa l'80% del consumo per *heating* nel segmento, subiscono, in entrambi gli scenari, la penetrazione del gas naturale (oltre a continuare a subire quella dell'energia rinnovabile). La penetrazione del gas, tuttavia, resta parziale, in prevalenza per considerazioni di natura tecnica, legate alla difficoltà di sostituire centrali termiche condominiali a gasolio (che sono una parte preponderante) con centrali condominiali a gas. In effetti, si valuta che la



penetrazione del gas, comunque forte in entrambi gli scenari, possa avvenire prevalentemente sostituendo centrali condominiali (a gasolio) con caldaie autonome (a gas). Nello scenario Base, la penetrazione del gas rispetto alle alternative fossili avviene a fine vita degli impianti, mentre nello scenario Alta penetrazione si assume che la sostituzione avvenga in anticipo rispetto alla fine vita (metà della vita utile).

L'energia elettrica, che copre una quota poco importante, ma crescente, degli attuali consumi, non viene considerata come aggredibile dal gas naturale, alla luce del fatto che gli impianti che impiegano pompe di calore siano realizzati dove esistano presupposti tecnici tali da permettere la realizzazione di tutti i vantaggi della tecnologia, e che la scelta del vettore elettrico sia di solito difficilmente reversibile. Le tecnologie elettriche, inoltre, vengono ipotizzate come leader rispetto alle quote di mercato relative alla "nuova" domanda per *heating* e per i relativi sistemi di generazione (famiglie in nuove abitazioni e famiglie che per la prima volta si dotano di un sistema di riscaldamento, spesso in seguito a interventi di ristrutturazione): nello scenario Base, l'elettricità copre tutta la nuova domanda, in quello di Alta penetrazione gas ne copre il 70%, e la domanda residua viene soddisfatta da impianti a gas.

Per la biomassa, che copre una quota minoritaria ma non trascurabile degli attuali consumi (circa 15%), valgono considerazioni simili a quelle effettuate per le tecnologie elettriche, nel senso che l'aggredibilità è limitata per questioni condizioni tecniche favorevoli e di rigidità nella scelta della tecnologia (barriere all'uscita di diversa natura). A tali considerazioni si somma quella della forte incidenza dell'adozione di tecnologie a biomassa in contesti geografici dove è poco probabile l'arrivo della rete gas: questa ipotesi deriva dall'osservazione della dinamica di diffusione spaziale delle tecnologie per riscaldamento nel resto del territorio italiano. Sulla base di quanto illustrato, l'ipotesi relativa allo scenario Base è di penetrazione della biomassa a tassi storici registrati nell'ultimo decennio (la biomassa non è aggredita dal gas, anzi continua a penetrare sottraendo mercato alle altre fossili e, perciò, limitando il mercato potenziale per il gas). Nello scenario Alta penetrazione gas, il tasso di penetrazione della biomassa è più contenuto, ma comunque positivo (è la metà di quello storico), cosicché vi sia maggiore spazio di mercato per il gas.

Per quanto concerne il segmento autonomo, invece, gli scenari Base e Alta penetrazione gas si caratterizzano come segue.

Gasolio e GPL, che soddisfano attualmente circa il 30% del consumo per *heating* nel segmento, subiscono, in entrambi gli scenari, la penetrazione del gas naturale (oltre a continuare a subire quella dell'energia rinnovabile). In questo caso non si valutano particolari barriere tecniche o di altro tipo alla sostituzione. Nello scenario Base, la penetrazione del gas rispetto alle alternative fossili avviene a fine vita degli impianti, mentre nello scenario Alta penetrazione si assume che la sostituzione avvenga in anticipo rispetto alla fine vita (metà della vita utile).

L'energia elettrica, che copre una quota poco importante, ma crescente, degli attuali consumi (minore del 10% se si escludono i consumi per *cooling*), non viene considerata come aggredibile dal gas naturale, alla luce dei benefici ottenibili dalla tecnologia in zone climatiche calde, e del significativo miglioramento del regime tariffario per i clienti domestici in via di introduzione. Le tecnologie elettriche, come per il centralizzato, vengono ipotizzate come leader rispetto alle quote di mercato relative alla "nuova" domanda per *heating* e per i relativi sistemi di generazione (famiglie in nuove abitazioni e famiglie che per la prima volta si dotano di un sistema di riscaldamento, spesso in seguito a interventi di ristrutturazione): nello scenario Base, l'elettricità copre tutta la nuova domanda, in quello di Alta penetrazione gas ne copre il 70%, e la domanda residua viene soddisfatta da impianti a gas.

Per la biomassa, che copre quasi il 65% degli attuali consumi, l'aggredibilità a opera del gas è limitata prevalentemente per ragioni legate ai costi variabili di generazione del calore. L'ipotesi relativa allo scenario Base è di penetrazione della biomassa ai tassi storici registrati nell'ultimo decennio (la biomassa non è aggredita dal gas, anzi continua a penetrare sottraendo mercato alle altre fossili e, perciò, limitando il mercato potenziale per il gas).

Nello scenario Alta penetrazione gas, il tasso di penetrazione della biomassa è ipotizzato come nullo, valutando la possibilità sottrazione di consumo da parte del gas una volta disponibile, per ragioni prevalentemente non economiche (onerosità dell'approvvigionamento di biomassa e della conduzione dei relativi apparecchi). In proposito si sottolinea come la maggior parte del consumo di energia da biomassa avviene in contesti di integrazione della biomassa rispetto a una fonte energetica principale: ipotizzare la sottrazione di quote di consumo a opera del gas non significa necessariamente ipotizzare la sostituzione di apparecchi a biomassa con apparecchi a gas, ma potrebbe tradursi in riduzione dell'impiego degli apparecchi a biomassa a vantaggio di quelli alimentati da combustibili fossili (che si trasformerebbero a gas).

In conclusione, per il settore residenziale si può stimare al 2030, un livello di penetrazione del gas naturale che varia da circa 40 ktep o 44 Mmc, nello scenario Base, a circa 103 ktep o 114 Mmc, nello scenario Alta penetrazione. Come già illustrato, i due scenari si distinguono per le ipotesi: di prezzi del gas naturale, sviluppo delle reti distribuzione, di penetrazione dell'elettricità nei consumi dei consumatori domestici, di sostituibilità del consumo di biomassa ad opera del gas naturale, e di velocità di penetrazione del gas ai danni degli altri combustibili fossili (gasolio e GPL).

Nel **terziario** le fonti valutate come aggredibili ad opera del gas naturale sono il gasolio e il GPL, i cui consumi sono sostituiti in larga parte da consumi di gas entro il 2030 in entrambi gli scenari. Si tratta, tuttavia, di una quota assolutamente minoritaria dei consumi, che totalizzerà circa 16 ktep al 2030 (dato in linea con quello del 2019). Per l'energia elettrica, che al 2019 rappresenta più del 90% dei consumi, si ipotizza l'assorbimento di tutta la nuova domanda nello scenario Base, mentre in quello di Alta penetrazione gas si assume che metà

di tale domanda sia appannaggio del gas, in linea con il grado medio di penetrazione elettrica nei consumi di energia del terziario in Italia. Per il settore terziario, i livelli di consumo e di potenziale penetrazione del gas, in termini assoluti, sono molto più bassi rispetto al residenziale: nello scenario Base si prevedono poco più di 10 ktep o 11.5 Mmc di consumo gas al 2030, in quello di Alta penetrazione gas si prevedono 16 ktep o 17.5 Mmc.

Per il settore dell'**industria**, concentrandosi sui soli consumi non elettrici, è stata valutata la "aggredibilità" delle fonti energetiche che attualmente costituiscono il *mix* del settore a opera del gas naturale, se questo dovesse essere disponibile nella Regione. L'analisi si basa sulla valutazione dei dati disponibili di consumo e delle caratteristiche dei processi produttivi che caratterizzano i comparti dell'industria più rilevanti in Sardegna, in primis quello chimico e petrolchimico.

Come visto i consumi finali non elettrici di energia dell'industria relativamente all'anno 2019 sono costituiti quasi esclusivamente da prodotti petroliferi (Figura 100 e Figura 102): è questa la base sulla quale si sono valutate le possibilità di penetrazione del gas naturale.

Come visto con l'olio combustibile, il GPL e il gasolio soddisfano circa il 62% degli usi diretti di prodotti petroliferi del settore industriale della Sardegna, a cui vanno aggiunti gli oggi molto limitati impieghi per la produzione di calore derivato da processi cogenerativi destinato a consumi finali dell'industria

L'aggredibilità dei prodotti petroliferi per la penetrazione gas è valutata come segue.

I prodotti costituiti da olio combustibile, gasolio e GPL sono valutati come aggredibili nella misura massima del 75%. Questa valutazione è effettuata analizzando la serie storica dei dati relativi ai consumi finali di energia nell'industria a livello nazionale. I dati mostrano nel tempo una rilevante contrazione della quota di prodotti petroliferi impiegati per soddisfare la domanda di energia termica del settore a vantaggio del gas naturale. Questa quota si è comunque stabilizzata, negli ultimi anni, su livelli attorno al 25%. Il che sembra segnalare che una parte dei consumi finali di prodotti petroliferi dell'industria non sia effettivamente sostituibile.

Il *coke* di petrolio e combustibili solidi, impiegati in prevalenza nei settori della produzione di cemento e siderurgico, di fatto come input nel processo produttivo, anche se inclusi nelle statistiche sui consumi energetici, non è valutato come aggredibile da parte del gas naturale. Questa valutazione vale per entrambi gli scenari.

Per il *fuel* gas reso disponibile dalla raffineria di Sarroch si ipotizza che la quota di consumi dell'industria petrolchimica adiacente all'impianto di raffinazione non sia aggredibile dal gas per le peculiari interazioni tecnico-economiche tra le attività di trasformazione energetica della raffineria e l'industria petrolchimica interessata.

Gli scenari “Base” e “Alta penetrazione” per i consumi finali di prodotti petroliferi considerati aggredibili si distinguono per le diverse ipotesi di assetto regolatorio nelle condizioni d’uso delle infrastrutture di stoccaggio, rigassificazione, e trasporto; e del conseguente impatto sui prezzi per la fornitura di gas naturale alle utenze industriali. Nel caso dello scenario “base” in assenza di significativi meccanismi perequativi nei costi di uso delle infrastrutture si ipotizza una minore penetrazione del gas ai danni dei prodotti petroliferi aggredibili, per i maggiori costi che potrebbero rendere eccessivamente oneroso in molti casi l’impiego del gas naturale e perciò non economicamente sostenibile il *fuel switching*.

Nello scenario “Base” e “Alta penetrazione” si considera un differente sviluppo dell’impiego del gas naturale per la cogenerazione in ambito industriale condizionato sia dalle condizioni economiche di fornitura del gas che dalle possibilità di rispetto dei parametri previsti dagli incentivi per la cogenerazione ad alto rendimento (CAR). Nello scenario “Alta Penetrazione” si assume un significativo contributo della cogenerazione, assumendo che circa il 50% del potenziale dei consumi di calore derivato dell’industria in Sardegna sia ottenuto, al 2030, attraverso processi di cogenerazione ad alto rendimento, mentre nello scenario “Base” sarebbe previsto ancora uno sviluppo rilevante della cogenerazione ad alto rendimento che corrisponderebbe a circa il 38% dei potenziali di consumi di calore derivato dell’industria. Ciò porta a proiettare, al 2030, un consumo di gas attribuibile alla produzione di calore derivato attraverso processi CHP pari a 63 ktep o 70 Mmc nello scenario “Alta penetrazione”, e di 47 ktep o 52.5 Mmc nello scenario “Base”.

L’ipotesi sull’efficienza di conversione è quella che garantisce l’accesso alle agevolazioni tariffarie (sistemi semplici di autoproduzione) e agli incentivi dedicati alla cogenerazione ad alto rendimento (CAR), ossia 80%: le agevolazioni tariffarie, in particolare, attualmente arrivano a incidere per quote molto prossime al 50% della bolletta elettrica di un impianto industriale di dimensioni medio-piccole (collegato in media o alta tensione) che prelevasse energia dalla rete. Sulla base dei rendimenti degli impianti di cogenerazione (si fa riferimento a turbine a gas) disponibili sul mercato, al livello di consumo appena indicato, attribuibile alla generazione di calore, corrisponde un consumo di gas naturale attribuibile alla generazione di elettricità attraverso il processo cogenerativo, al 2030, pari a 40.4 ktep o 44.8 Mmc nello scenario “Alta penetrazione”, e di 30.3 ktep o 33.6 Mmc nello scenario “Base”. Questo consumo di gas naturale attribuibile alla generazione elettrica degli impianti di cogenerazione non viene considerato nei consumi dell’industria e viene invece incluso nelle stime per la valutazione dei potenziali di penetrazione nel settore termoelettrico.

Per i consumi di energia del settore industria si stima, al 2030, un livello complessivo di penetrazione del gas naturale che varia da circa 107 ktep o 118 Mmc, nello scenario “Base”, a circa 152 ktep o 169 Mmc, nello scenario “Alta penetrazione”.

Nel settore dei **trasporti**, le ipotesi di penetrazione del gas, una volta disponibile sull'Isola, sono definite per segmento. I due scenari, Base e Alta penetrazione, si distinguono per le ipotesi seguenti.

Per il trasporto leggero su strada, che rappresenta al 2019 il 64% circa dei consumi di tutti i tipi di trasporti, nello scenario Base il gas penetra (a partire dal 2021, come per gli altri settori) a tassi simili alle quote di mercato registrate nel nell'ultimo decennio per i consumi dei veicoli alimentati a gas naturale a livello nazionale. Questi sono oggi circa il 3% dei consumi degli autoveicoli leggeri. Nello scenario di "Alta penetrazione" del gas, invece, si assumono tassi di penetrazione più elevati coerenti con il raggiungimento dell'obiettivo previsto per il 2025 dal Quadro Strategico Nazionale GNC con riferimento allo stock di autovetture alimentate da gas naturale. Questo viene fissato al livello del 5% per la Sardegna al 2030.

Per il trasporto terrestre pesante, lo scenario di penetrazione Base è disegnato ipotizzando il raggiungimento, al 2030, della copertura del 15% dei consumi del comparto (pari a circa 16 ktep), che costituiscono il 7.5% dei consumi regionali per trasporto nel 2019. Tale quota è pari a poco meno della metà del *target* fissato per questo segmento dal Quadro Strategico Nazionale, ossia 35%, che invece viene preso come riferimento nello scenario di Alta penetrazione gas che porterebbe di consumi a circa 36 ktep.

Per il trasporto marittimo, che rappresenta circa il 13 % dei consumi dei trasporti nel 2019, lo scenario di penetrazione Base è disegnato ipotizzando il raggiungimento, al 2030, della copertura del 15% dei consumi del comparto, ossia poco meno della metà del *target* fissato per questo stesso segmento dal Quadro Strategico Nazionale, ossia 40%, preso come riferimento nello scenario di Alta penetrazione gas.

Infine, per il trasporto ferroviario si assume penetrazione nulla nello scenario Base e la completa sostituzione del gasolio nello scenario di Alta penetrazione gas. Il consumo del segmento, in ogni caso, è pressoché trascurabile: nel 2015 i consumi per trasporto su rete ferroviaria ammontano a 5 ktep.

Per il settore trasporto si osserva, al 2030, un livello di penetrazione del gas naturale che varia da circa 61 ktep o 68 Mmc, nello scenario Base, a circa 161 ktep o 178 Mmc, nello scenario Alta penetrazione. Come visto, i due scenari si distinguono per le ipotesi di penetrazione del gas adottate nei tre segmenti più rilevanti, ossia trasporto stradale leggero, trasporto stradale pesante e trasporto marittimo.

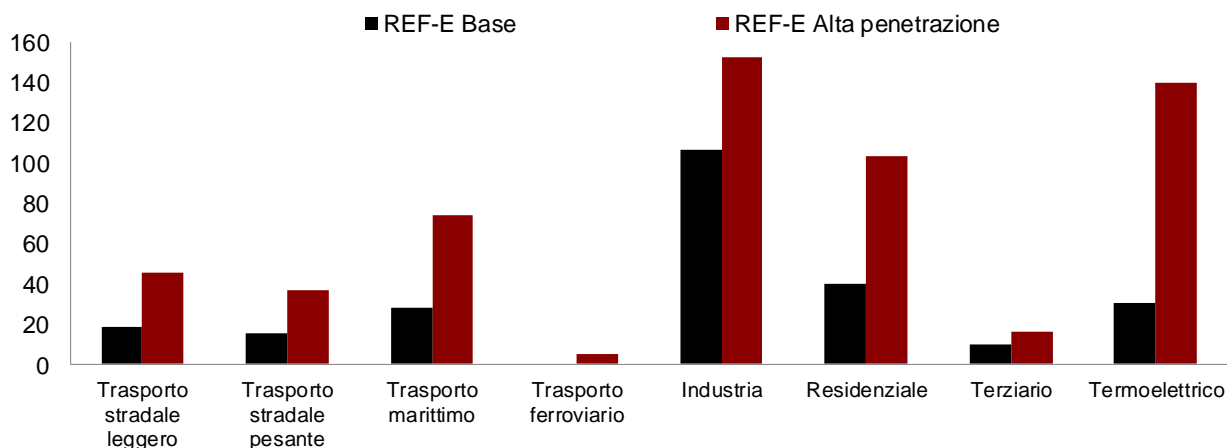
Per il settore **termoelettrico** lo scenario di alta penetrazione del gas naturale è costituito dalla ipotesi di nuovi interventi di politica ambientale che possano incidere sulla operatività da qui al 2030 del parco termoelettrico alimentato a carbone presente in Sardegna. Il campo di azione delle politiche ambientali che potrebbe influenzare in modo significativo gli sviluppi del progetto di metanizzazione della Sardegna è legato alle politiche di decarbonizzazione

del settore elettrico italiano per il quale il PNIEC stabilisce uno scenario-obiettivo al 2030 di *phase-out* per le centrali termoelettriche a carbone.

In particolare, per la Sardegna, lo scenario-obiettivo del PNIEC di *phase-out* completo dal carbone prevede l'uscita dal servizio anche delle centrali di Fiumesanto e Sulcis. Nello scenario-obiettivo di *phase-out* completo il PNIEC prevede per la Sardegna: un ulteriore elettrodotto (progetto *Thirrenian link*) di collegamento con l'Italia (oltre a un rafforzamento della rete dell'isola), nuovi 400 MW di centrali a gas naturale, e infrastrutture di approvvigionamento di gas naturale per l'isola. Nel caso dello scenario di *phase-out* "completo" si stima il fabbisogno di due gruppi a ciclo combinato per una capacità totale di 400 MW necessario per garantire la sicurezza pari a circa 100 milioni sm<sup>3</sup> all'anno.

Nel caso del settore termoelettrico lo scenario base di penetrazione del gas naturale non prevede una richiesta significativa. Lo scenario di alta penetrazione si basa invece sul presupposto che venga attuata l'opzione di *phase-out* completo dal carbone nelle modalità descritte dal PNIEC. In questo caso il consumo di gas naturale del settore termoelettrico ammonterebbe a circa 100 milioni di sm<sup>3</sup> pari a circa 90 ktep. Considerando anche la richiesta di gas naturale ipotizzata per la generazione di elettricità negli impianti cogenerativi dell'industria, il fabbisogno del settore termoelettrico nel suo complesso risulterebbe pari: a 130 ktep o 144 Mmc nello scenario "Alta penetrazione"; e a 30.3 ktep o 33.6 Mmc nello scenario "Base".

La Figura 140, che segue, riassume i dati dei due scenari nei diversi settori considerati



Fonte: elaborazione REF-E

Figura 127. Sardegna: scenari REF-E di penetrazione del gas naturale al 2030 (ktep)

Nel suo complesso lo scenario base di penetrazione del gas naturale nel 2030 mostra una richiesta di approvvigionamento presso i depositi costieri di 197.000 t/a (circa 460.000 m<sup>3</sup>/a) di GNL, pari a 248 ktep). Complessivamente, lo scenario di alta di penetrazione del gas

naturale nel 2030 mostra invece una richiesta di approvvigionamento presso i depositi costieri di circa 455.000 t/a (circa 1.060.000 m<sup>3</sup>) di GNL, pari a 572 ktep).

### 3.12.4 Ruoli rete di trasporto e *downstream* del GNL

Come già evidenziato, nell'attuale scenario, la metanizzazione della Sardegna, a valle dell'approvvigionamento di GNL presso stoccaggi costieri, può avvenire sia attraverso il canale della rete di trasporto che del *downstream* del GNL. Possibile ruolo dei due canali di diffusione del gas naturale nell'isola si differenzia a seconda dei settori di utilizzo.

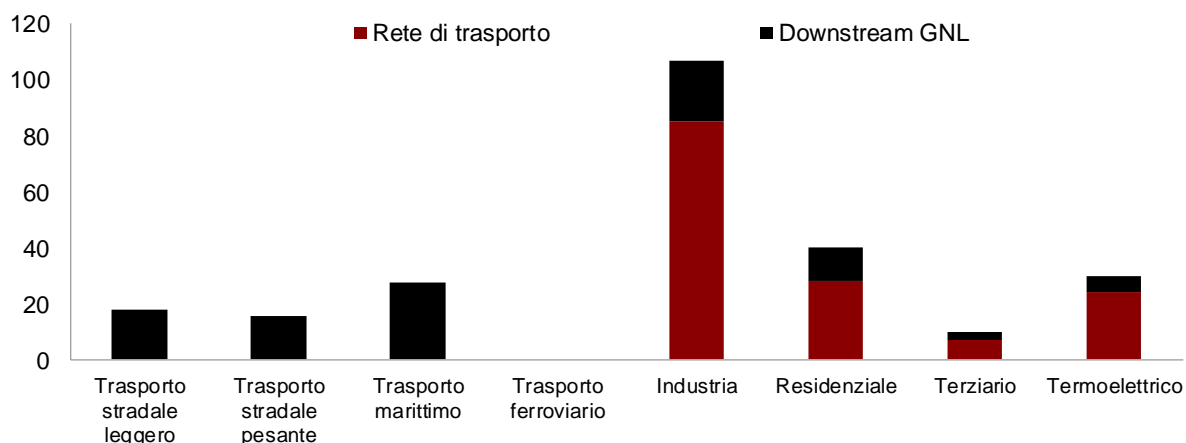
Nei vari comparti di potenziale penetrazione del gas naturale nel macrosettore dei trasporti in Sardegna avverrà esclusivamente tramite il *downstream* del GNL. Ciò anche nel caso della fornitura di GNC del trasporto leggero in quanto è prevedibile che i distributori di GNL avranno anche erogatori di GNC in modo da coprirne la domanda che si svilupperà in modo meno rilevante e più lento di quella del GNL come combustibile per i mezzi stradali pesanti per il trasporto merci. È quindi molto difficile ipotizzare che in Sardegna vengano realizzati distributori di solo GNC che si approvvigionino dalla dorsale o dalle reti di distribuzione collegate.

Negli altri segmenti del trasporto anche in quello ferroviario l'utilizzo del gas naturale come combustibile avviene nella forma liquida e quindi questo tipo di penetrazione non prevede l'utilizzo del canale della rete di trasporto ma solo quello del canale del *downstream* del GNL.

Nel caso della penetrazione del gas naturale nei consumi dell'industria è ipotizzabile che il canale prevalente di diffusione sarà costituito dalla rete di trasporto e dalle reti di distribuzione ma che una quota significativa avverrà tramite il *downstream* del GNL per industrie che rimarranno *off-grid*. Si ipotizza che tale quota sarà del 20% nel caso dello scenario di alta penetrazione e del 30% nel caso dello scenario di bassa penetrazione in connessione al minore sviluppo delle reti prevedibile in questo scenario.

Per i settori del residenziale e del terziario si formula una ipotesi analoga che prevede che il canale prevalente di diffusione sarà costituito dalla rete di trasporto e dalle reti di distribuzione ma che una quota significativa avverrà tramite il *downstream* del GNL per le reti di distribuzione isolate e che saranno alimentate da depositi satellite di GNL. Anche in questo caso si ipotizza che la quota che passerà attraverso il *downstream* del GNL sarà del 20% nel caso dello scenario di alta penetrazione e del 30% nel caso dello scenario di bassa penetrazione in connessione al minore sviluppo delle reti prevedibile in questo scenario. Per il settore termoelettrico il consumo dei cicli combinati prevedibili nello scenario di "Alta penetrazione" saranno assicurati dal collegamento con la rete di trasporto mentre i consumi degli impianti di cogenerazione nei siti industria passeranno per una quota tramite il *downstream* del GNL come i consumi del settore industria.

Nello scenario base di penetrazione del gas naturale (Figura 138) nel 2030 la richiesta di approvvigionamento presso i depositi costieri sarà di 197.000 t/a di GNL (248 ktep) di cui è prevedibile che circa il 42% pari a circa 82.000 t/a (104 ktep) verranno veicolate tramite il *downstream* del GNL, e che circa il 58% pari a 160 Msmc di gas naturale (144 ktep) verranno veicolati, dopo la rigassificazione, tramite la rete di trasporto e quelle di distribuzione.

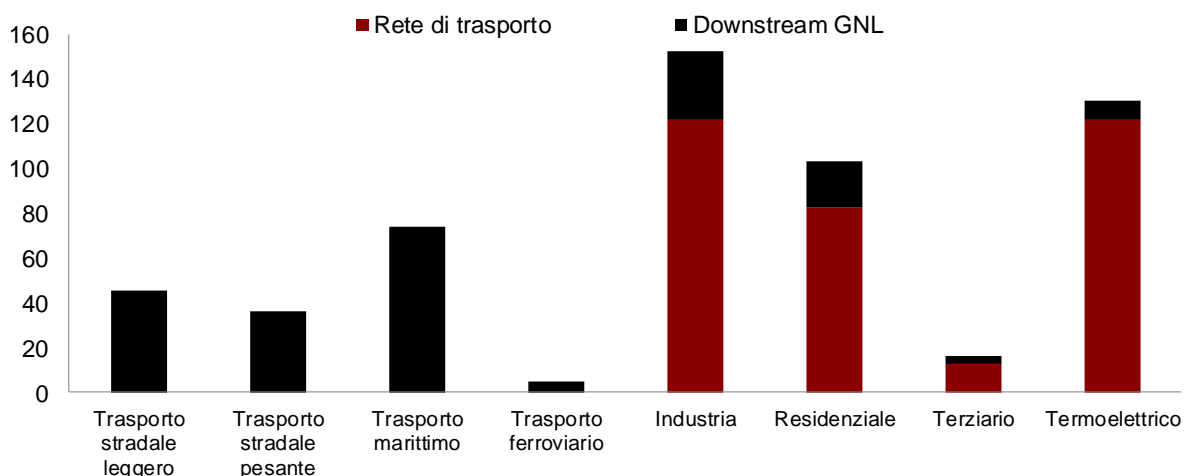


Fonte: elaborazione REF-E

Figura 128. Sardegna: rete e *downstream* GNL nello scenario base di penetrazione del gas naturale al 2030 (ktep)

Nello scenario di alta penetrazione del gas naturale (Figura 139) nel 2030 la richiesta di approvvigionamento presso i depositi costieri sarà di circa 454.000 t/a di GNL (572 ktep) di cui è prevedibile che circa il 40% pari a 177.000 t/a (233 ktep) verranno veicolate tramite il *downstream* del GNL, e che il circa il 60% pari a 376 Msm<sup>3</sup> di gas naturale (339 ktep) verranno veicolati, dopo la rigassificazione, tramite la rete di trasporto e quelle di distribuzione.





Fonte: elaborazione REF-E

Figura 129. Sardegna: rete e *downstream* GNL nello scenario di alta penetrazione del gas naturale al 2030 (ktep)

### 3.13 Consumi e potenziali di penetrazione del metano nel trasporto stradale terrestre

#### 3.13.1 Analisi dei consumi di energia del trasporto stradale in Sardegna a livello territoriale

3.13.1.1 *Analisi delle vendite dei combustibili petroliferi per il trasporto stradale (benzina, gasolio e GPL) a livello delle otto province (Fonte dati MSE)*

A partire dai dati del Bollettino Petrolifero del Ministero per lo Sviluppo Economico, è possibile ricostruire l'andamento delle vendite regionali distinte per mese, anno e tipologia di carburante. Vista la natura insulare della Sardegna è inoltre possibile assumere che la maggior parte di queste vendite sia effettivamente consumata all'interno del suo territorio.

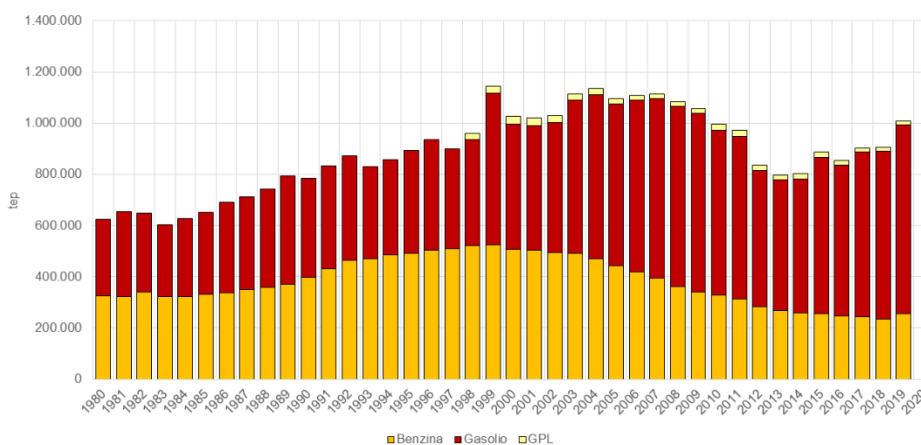
Dalla serie storica 1980-2019 (Figura 140 e Figura 141) si evince come i consumi siano cresciuti senza interruzioni fino al 2007, per poi contrarsi durante gli anni della crisi economica e ripartire dal 2014 fino al 2019.

In questo andamento generale, sono individuabili due differenti *trend per* i consumi di benzina e gasolio:

- procedono sostanzialmente di pari passo fino al 2000 con una prevalenza della benzina. A partire dal 1997, i consumi di benzina, pur crescendo in valore assoluti, cominciano contrarsi in termini relativi
- dal 2000, i valori assoluti dei consumi di benzina iniziano a contrarsi a favore del gasolio che comincia regolarmente ad essere il principale combustibile

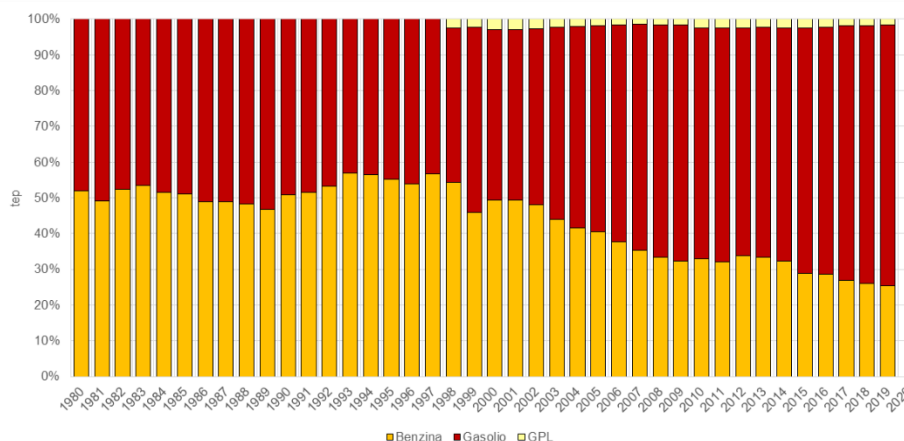
- nel 2019, per la prima volta dopo quasi vent'anni, le vendite di benzina risultano superiori rispetto all'anno precedente, pur ammontano a circa il 25% del totale (a fronte di un dato al 1980 in cui ammontavano al 50%).

Con riferimento infine alle vendite di GPL, le statistiche sono disponibili dal 1998, ed evidenziano il ruolo marginale e sostanzialmente stabile nel tempo di questo carburante.



Fonte: elaborazione META su dati MSE

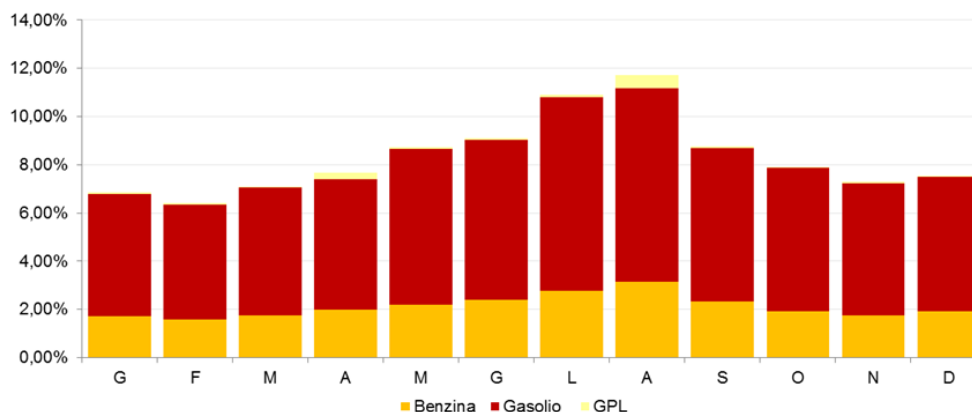
Figura 130 - Sardegna: vendita di carburanti per autotrazione, 1980-2019 (valori assoluti)



Fonte: elaborazione META su dati MSE

Figura 131 - Sardegna: vendita di carburanti per autotrazione, 1980-2019 (valori relativi)

La distribuzione delle vendite per mese del 2019 (Figura 142) evidenzia con chiarezza l'incidenza della stagione estiva. In particolare, il 12% delle vendite annue è concentrato in agosto, a fronte di un 7% circa di novembre. Da segnalare come i consumi di GPL abbiano una stagionalità specifica e distinta dagli altri carburanti, con una particolare concentrazione nei mesi di aprile (vacanze pasquali) e agosto che, nell'insieme, incidono per il 55% del totale annuo (rispettivamente il 17% e il 38%)



Fonte: elaborazione META su dati MSE

Figura 132 - Sardegna: distribuzione mensile della vendita di carburanti per autotrazione, 2019

Il dettaglio per provincia al 2019 (Figura 143) distribuisce le vendite in sostanziali tre blocchi con quote simili, corrispondenti:

- alla Provincia di Sassari (33% del totale)
- alla Città Metropolitana di Cagliari (34%)
- alle tre Province residue (33% del totale)

Indicizzando le vendite mensili totali su gennaio 2019, gli andamenti risultano sostanzialmente omogenei. Come già detto in precedenza la punta estiva si registra in tutte le province con valori particolarmente pronunciati nella provincia di Sassari (ad agosto i valori sono il doppio rispetto a gennaio) mentre la città metropolitana di Cagliari si conferma la più stabile con una punta in luglio e valori più altri sull'intera stagione aprile-ottobre.

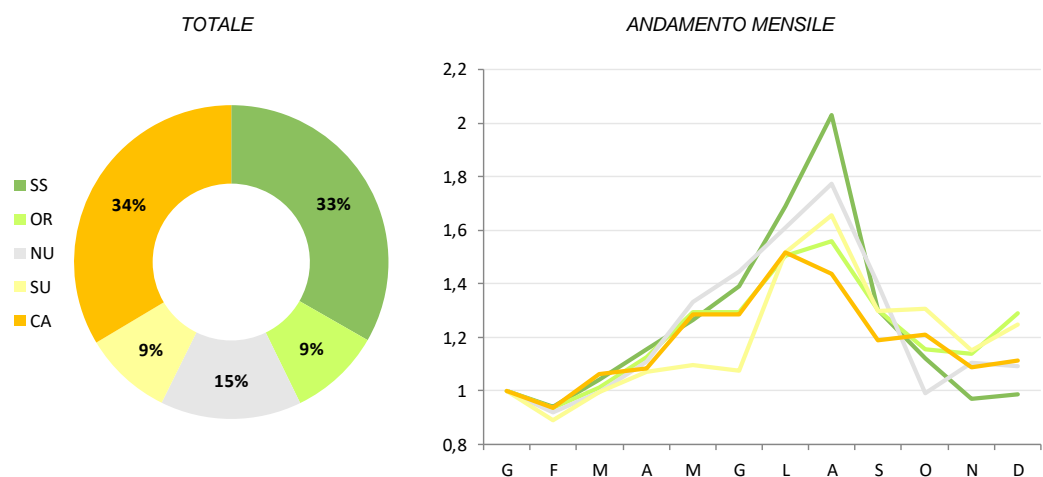


Figura 133 - Sardegna: dettaglio provinciale delle vendite di carburanti per autotrazione, 2019

I grafici seguenti (Figura 134, Figura 135, Figura 136 e Figura 137) mostrano l'andamento disaggregato nelle vendite di prodotti petroliferi (benzina, GPL per autotrazione, gasolio motori rete ed extra-rete) registrate dalle statistiche del MiSE nelle quattro province di Cagliari, Sassari, Nuoro e Oristano dal 2000 al 2019.

Nell'arco di tempo che va dal 2000 al 2019, in media, la vendita complessiva di prodotti petroliferi è stata così concentrata: circa il 45% nella provincia di Cagliari (da 520 ktep a 424 ktep, -18%), circa il 32% nella provincia di Sassari (da 303 ktep a 335 ktep, +11%), il 12% circa nella provincia di Nuoro (da 123 ktep a 147 ktep, +19%) e il restante 11% circa nella provincia di Oristano (da 80 ktep a 97 ktep, +21%).

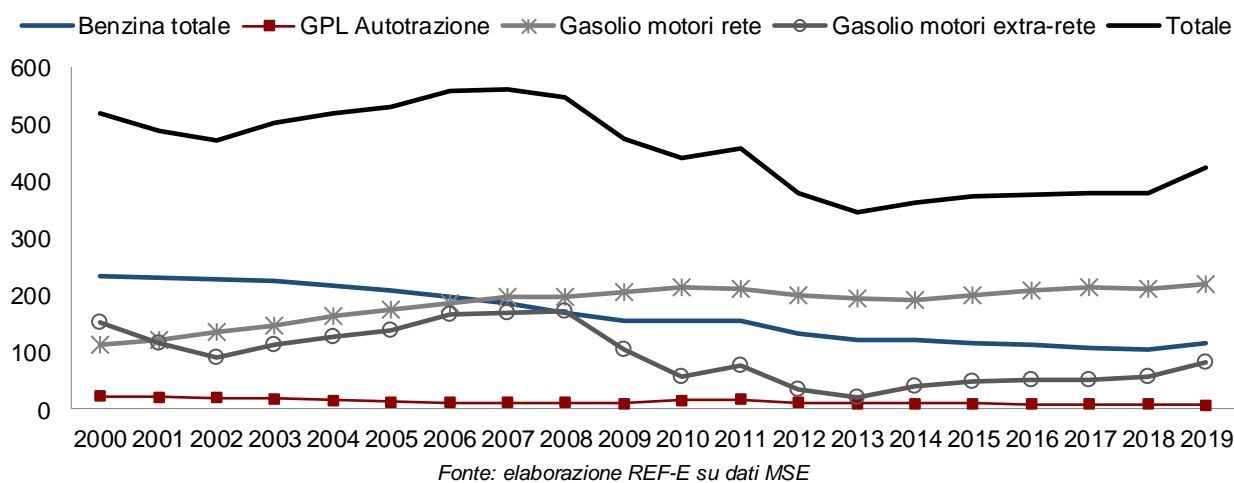
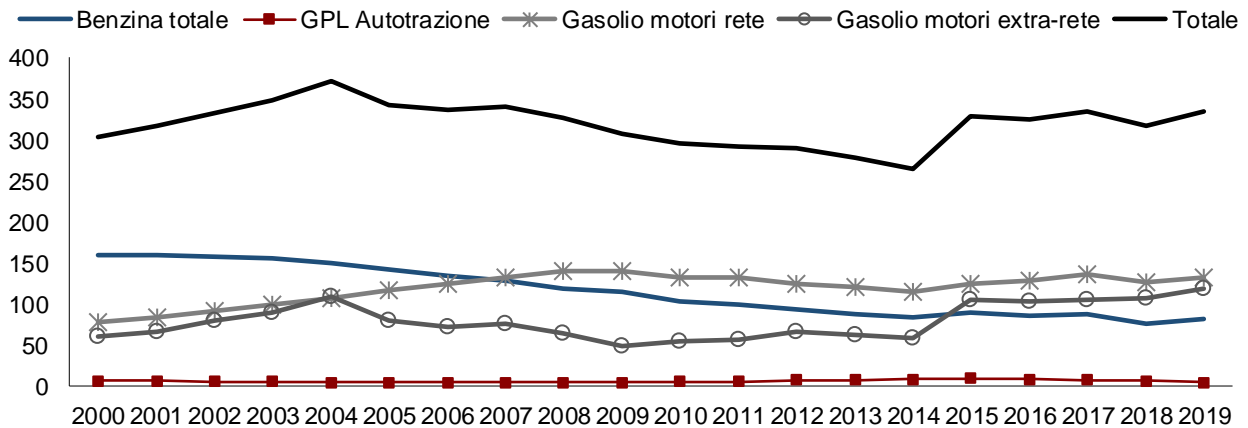
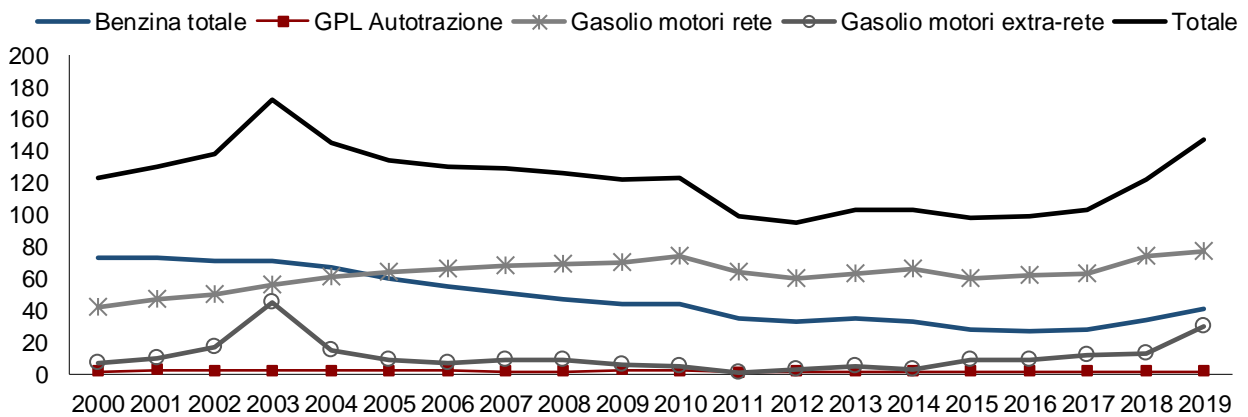


Figura 134 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Cagliari, 2000-2019 (ktep)



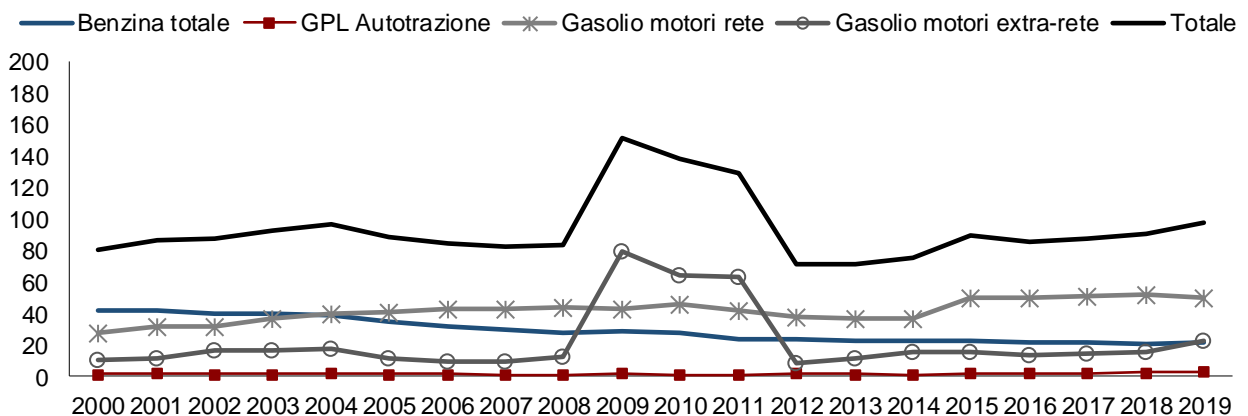
Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 135 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Sassari, 2000-2019 (ktep)



Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 136 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Nuoro, 2000-2019 (ktep)

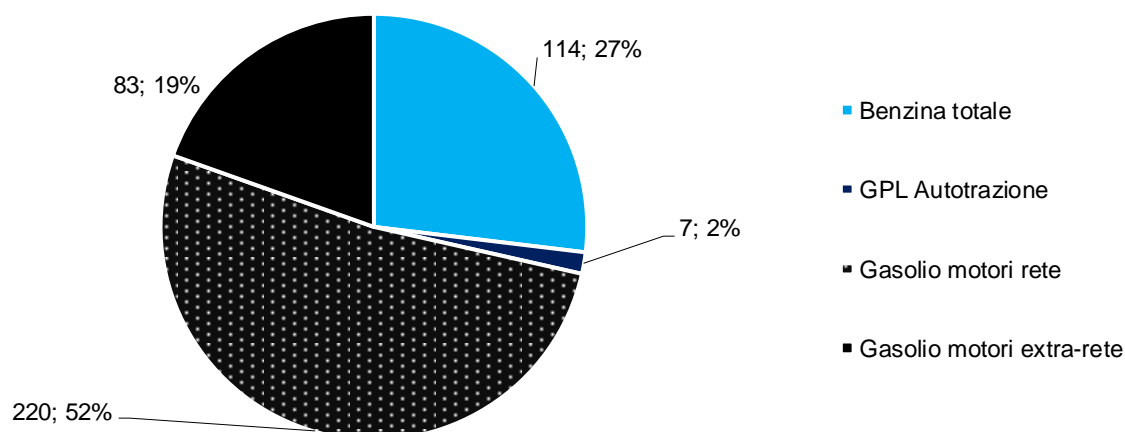


Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 137 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Oristano, 2000-2019 (ktep)

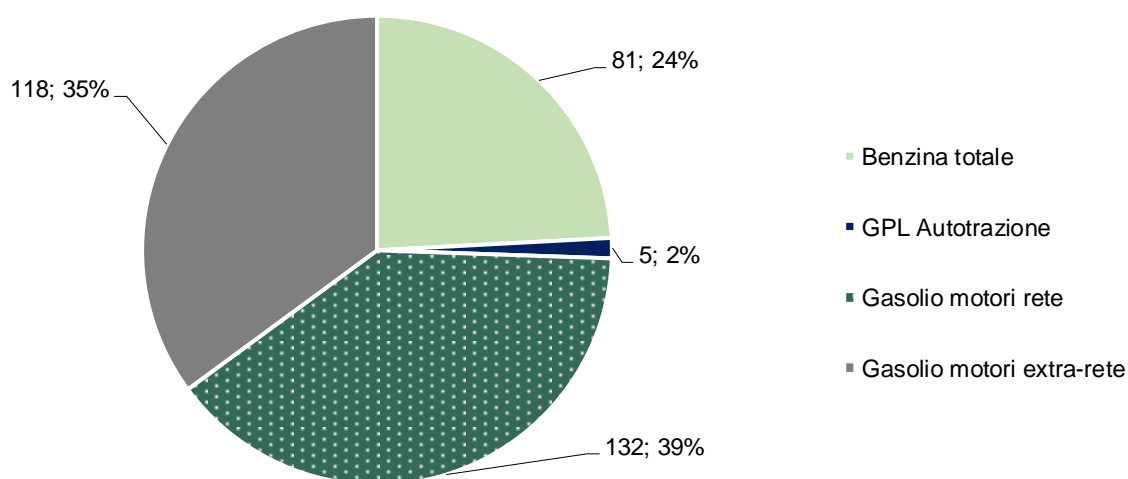
Le Figure Figura 148, Figura 149, Figura 150 e Figura 151 mostrano invece il *mix* disaggregato nelle vendite di prodotti petroliferi (benzina, GPL per autotrazione, gasolio motori rete ed extra-rete) registrate dalle statistiche del MiSE nelle quattro province di Cagliari, Sassari, Nuoro e Oristano nel 2019.

Nel 2019, circa il 50% delle vendite complessive di prodotti petroliferi nelle province di Cagliari, Nuoro e Oristano ha riguardato la vendita di gasolio motori rete e il 20% in media circa di gasolio motori extra-rete. Soltanto nella provincia di Sassari la vendita di gasolio motori extra-rete nel 2019 (circa il 39% del totale dei prodotti venduti) ha di poco superato quella del gasolio motori rete (35% circa). Nelle quattro province, la vendita di benzina nel 2019 ha rappresentato in media il 25% del *mix*, mentre la vendita di GPL per autotrazione rappresenta la quota minoritaria.



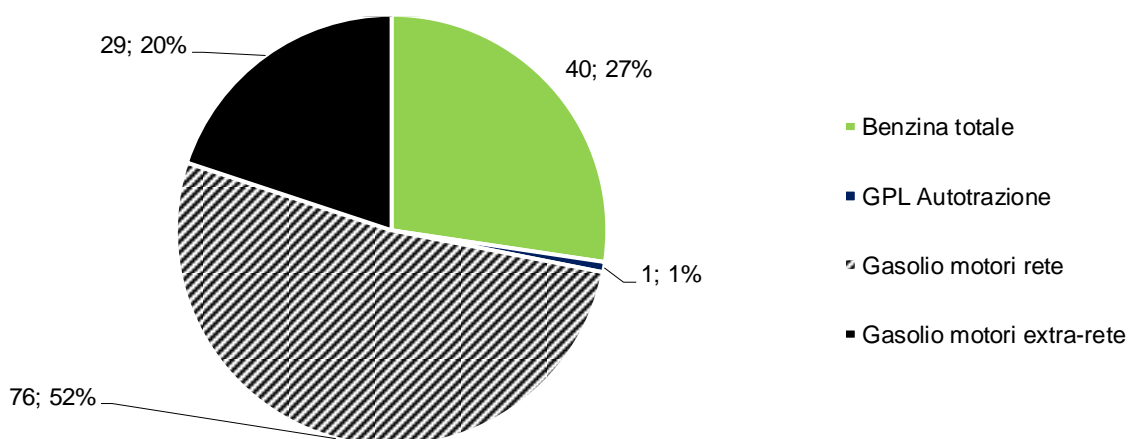
Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 138 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Cagliari, 2019 (ktep e %)



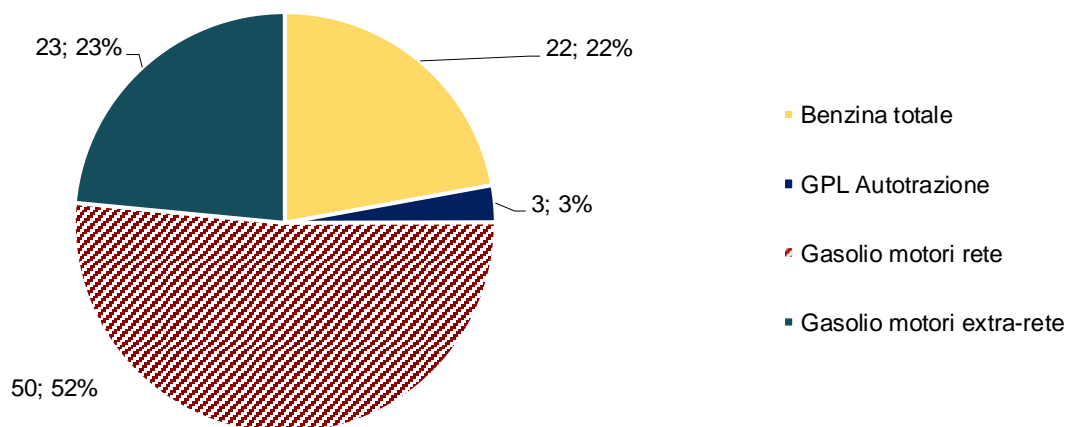
Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 139 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Sassari, 2019 (ktep e %)



Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 140 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Nuoro, 2019 (ktep e %)

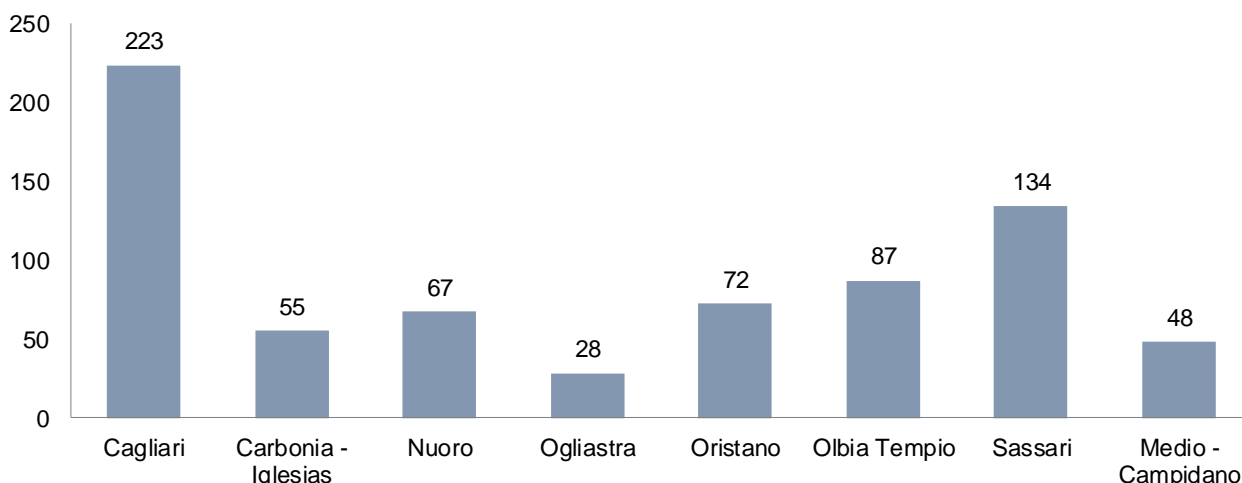


Fonte: elaborazione REF-E su dati MSE

Figura 141 - Vendite di prodotti petroliferi nella provincia di Oristano, 2019 (ktep e %)

### 3.13.2 Analisi della struttura e distribuzione territoriale delle reti di distribuzione di combustibili petroliferi per il trasporto stradale in Sardegna

Nella Regione Sardegna, in base ai dati MSE disponibili durante il mese di settembre 2020, sono stati rilevati complessivamente 714 distributori di carburanti, come rappresentato in Figura 142. In provincia di Cagliari (includere Carbonia Iglesias e Medio – Campidano) sono presenti in totale 326 distributori (il 46% del totale), in provincia di Sassari (inclusa Olbia Tempio) sono presenti in totale 221 distributori (il 31% del totale), in provincia di Nuoro (inclusa l'Ogliastra) sono presenti 95 distributori (il 13% del totale) mentre in provincia di Oristano sono presenti 72 distributori (il 10% del totale).

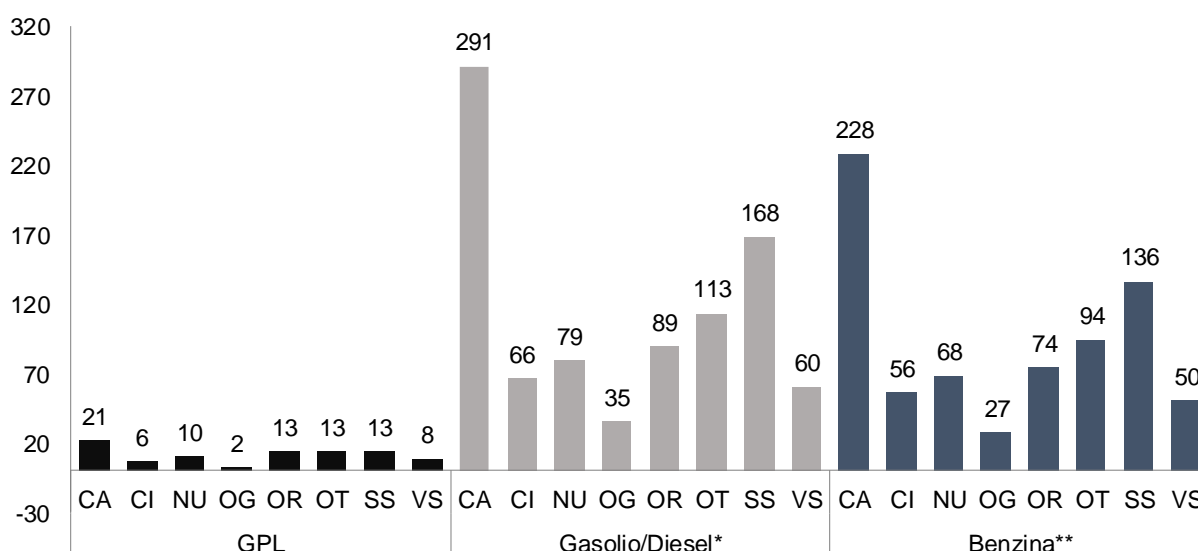


Fonte: elaborazioni REF-E su dati MSE

Figura 142 - Sardegna: totale dei distributori per provincia, Settembre 2020 (numero)

Dei 714 distributori totali, 708 erogano sia benzina che gasolio. Tra le tipologie di diesel più venduto, oltre al gasolio tradizionale, vi sono il Blue Diesel (erogato da 131 operatori su 714, il 18% circa) e l'High Quality Diesel (erogato da 52 operatori su 714, circa il 7%).

Ammonta invece a 86 su 714 (il 12% del totale) il numero dei distributori abilitati anche (o soltanto) alla vendita di GPL. I distributori di GPL sono concentrati per circa il 40% nella provincia di Cagliari (includendo Carbonia Iglesias e Medio – Campidano), il 30% nella provincia di Sassari (inclusa Olbia Tempio) e il 15% circa sia nella provincia di Nuoro (inclusa l'Ogliastra) sia in provincia di Oristano.



\* comprende Hi-Q Diesel, Gasolio Oro Diesel, Gasolio, HiQ Perform+, Blue Diesel, Excellium Diesel

\*\*comprende Blue Super e Benzina

Fonte: elaborazioni REF-E su dati MSE

Figura 143 - Sardegna: distributori per provincia e per tipo di carburante erogato, Settembre 2020 (numero)



### 3.14 Stima dei flussi di traffico leggero/pesante sulla rete stradale sarda

#### 3.14.1 Generalità

Al fine di disporre di un idoneo strumento per la stima del potenziale di penetrazione del metano per autotrazione, è stato condotto un affinamento su tutto il territorio regionale del modello di simulazione multimodale e multiscalare nazionale ITraM (Italian Transport Model)<sup>37</sup>. Dati gli obiettivi del progetto, l'operazione si è limitata al solo modulo di trasporto privato.

Tale modello, riferito a una giornata feriale media del 2019, consente di ricostruire l'assetto attuale dei flussi di traffico circolanti sulla rete, con particolare riferimento a quelli relativi ai veicoli pesanti.

Nel seguito del capitolo vengono illustrate, nell'ordine, la metodologia adottata per lo sviluppo del modello (§ *Aspetti metodologici*), la zonizzazione di riferimento (§ *Zonizzazione di riferimento*), gli elementi di base utilizzati per la ricostruzione della domanda ed offerta di trasporto (§ *Grafo stradale*; § *Matrice O/D*), gli esiti della calibrazione del modello (§ *Calibrazione del modello*) e i risultati ottenuti, in termini di ricostruzione dei carichi veicolari sulla rete stradale in esame (§ *Simulazione dello stato di fatto*).

#### 3.14.2 Aspetti metodologici

Un modello di traffico è uno strumento matematico che consente di riprodurre, in modo approssimato, il funzionamento di un sistema di trasporto.

Esso si basa fondamentalmente su due tipi di *input*:

- la descrizione della **domanda di mobilità**, rappresentata come matrice origine/destinazione (O/D) dei movimenti di persone, merci o veicoli all'interno dell'area
- la **descrizione dell'offerta di trasporto**, ottenuta riconducendo le caratteristiche dei singoli assi di traffico ad una struttura matematica denominata grafo, formata da nodi e da archi che li congiungono, dotati di opportuni attributi (ad esempio, la lunghezza, il numero di corsie, ecc...).

Il modello combina questi dati assegnando la matrice O/D al grafo, cioè identificando, per ogni spostamento da ciascuna zona di origine a ciascuna zona di destinazione, effettuato

---

<sup>37</sup> Maggiori informazioni sul modello ITraM su <https://metaplanning.it/atlante/>

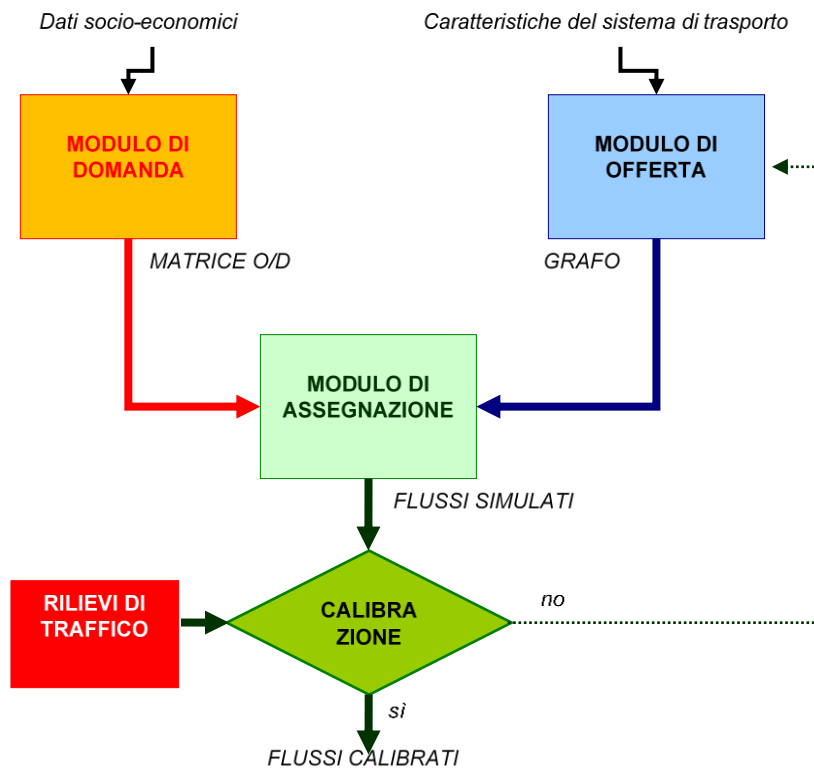
per un determinato motivo, il percorso migliore in relazione ai costi percepiti dagli utenti in termini di tempi di viaggio, tariffe e distanze percorse.

Sommando tutti gli spostamenti assegnati a ciascun percorso, è possibile stimare i flussi di traffico su tutti gli archi del grafo.

Poiché alcuni attributi degli archi - e in particolare il tempo di percorrenza - dipendono a loro volta dal numero di spostamenti assegnati agli archi stessi, questa procedura deve essere ripetuta più volte, in modo da ottenere un equilibrio tra i costi di trasporto calcolati e la scelta dei percorsi da parte degli utenti del sistema.

Per poter risultare attendibile, ogni modello di traffico deve dimostrarsi capace di riprodurre, con ragionevole approssimazione, una situazione di traffico reale. Pertanto, i flussi simulati dal modello debbono essere confrontati con quelli rilevati nella realtà, tipicamente attraverso conteggi di traffico, manuali od automatici, effettuati in modo indipendente dalla costruzione del modello. Il confronto tra flussi simulati e flussi rilevati prende il nome di calibrazione del modello, e può dar luogo ad aggiustamenti mirati degli *input*.

Una volta calibrato, il modello è in grado di simulare scenari previsionali, indicativi delle condizioni di circolazione attese a seguito di variazioni della domanda di mobilità (ad es. crescita demografica, nuovi insediamenti urbani ...), o dell'offerta di trasporto (ad es. nuovi collegamenti stradali, istituzione di aree a traffico limitato...).



Fonte: elaborazione META

Figura 144 - Schema logico delle simulazioni di traffico

Rispetto alle indagini svolte su un insieme forzatamente limitato di postazioni, il modello consente di stimare i volumi di traffico e le corrispondenti condizioni di deflusso su tutti gli archi del grafo. Ciò permette di valutare una serie di indicatori importanti, quali ad esempio il totale delle distanze percorse dai veicoli all'interno del territorio comunale, e i corrispondenti tempi di viaggio.

Applicando a tali indicatori i parametri di consumo unitari dei veicoli circolanti nell'area, è infine possibile stimare la quantità di carburante consumata dal traffico veicolare all'interno dell'area di studio.

Questi indicatori rappresentano il punto di riferimento fondamentale per la valutazione dei consumi complessivi giornalieri, mensili ed annuali.

### 3.14.3 Zonizzazione di riferimento

Nella sua configurazione nazionale, il modello ITraM è basato su 1.784 zone, di cui 87 riferite al territorio della Regione Sardegna.

Per una maggiore accuratezza nelle elaborazioni, è stata effettuata un'aggregazione delle zone esterne alla Regione, ed un affinamento di quelle interne.

In particolare, sulla base dei collegamenti navali disponibili, sono state individuate 5 direttrici esterne (Figura 145):

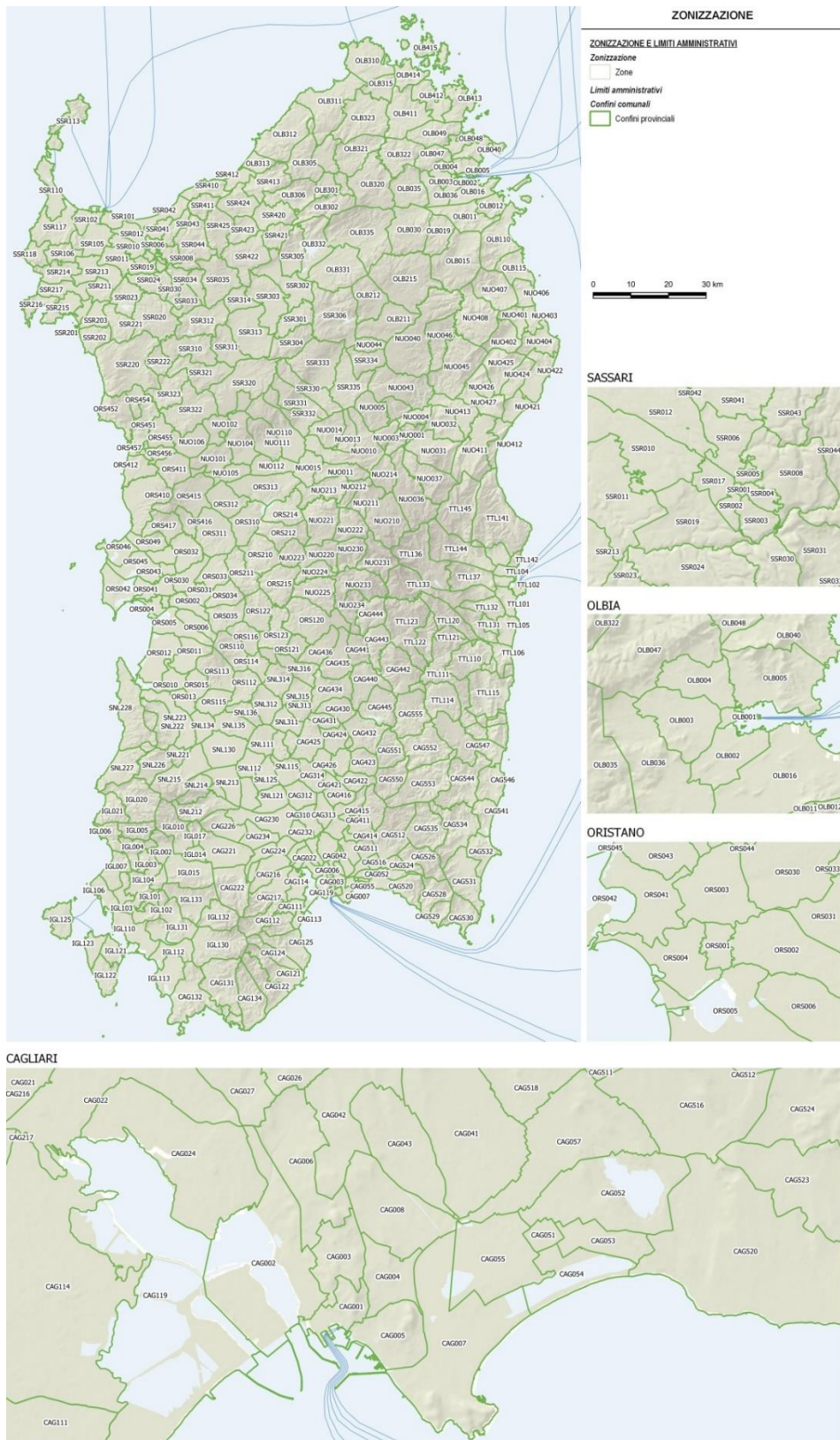
- Direttrice Nord-Ovest
- Direttrice Nord-Est+Toscana
- Direttrice Centro
- Direttrice Sud
- Direttrice Calabria e Sicilia

Di converso, le zone interne alla Regione sono state ulteriormente affinate, passando da 87 a 417 (Figura 55), di cui:

- 186 sono riferite a singoli Comuni
- 172 risultano dalla ripartizione dei Comuni più popolosi e/o estesi in più zone
- 59 risultano infine dall'aggregazione di più Comuni in una singola zona



Fonte: elaborazione META  
 Figura 145 - Direttrici esterne



Fonte: elaborazione META  
 Figura 146 - Zonizzazione interna

### 3.14.4 Grafo stradale

Il modello di traffico riproduce le caratteristiche della rete stradale attraverso un oggetto matematico denominato **grafo**, e costituito da:

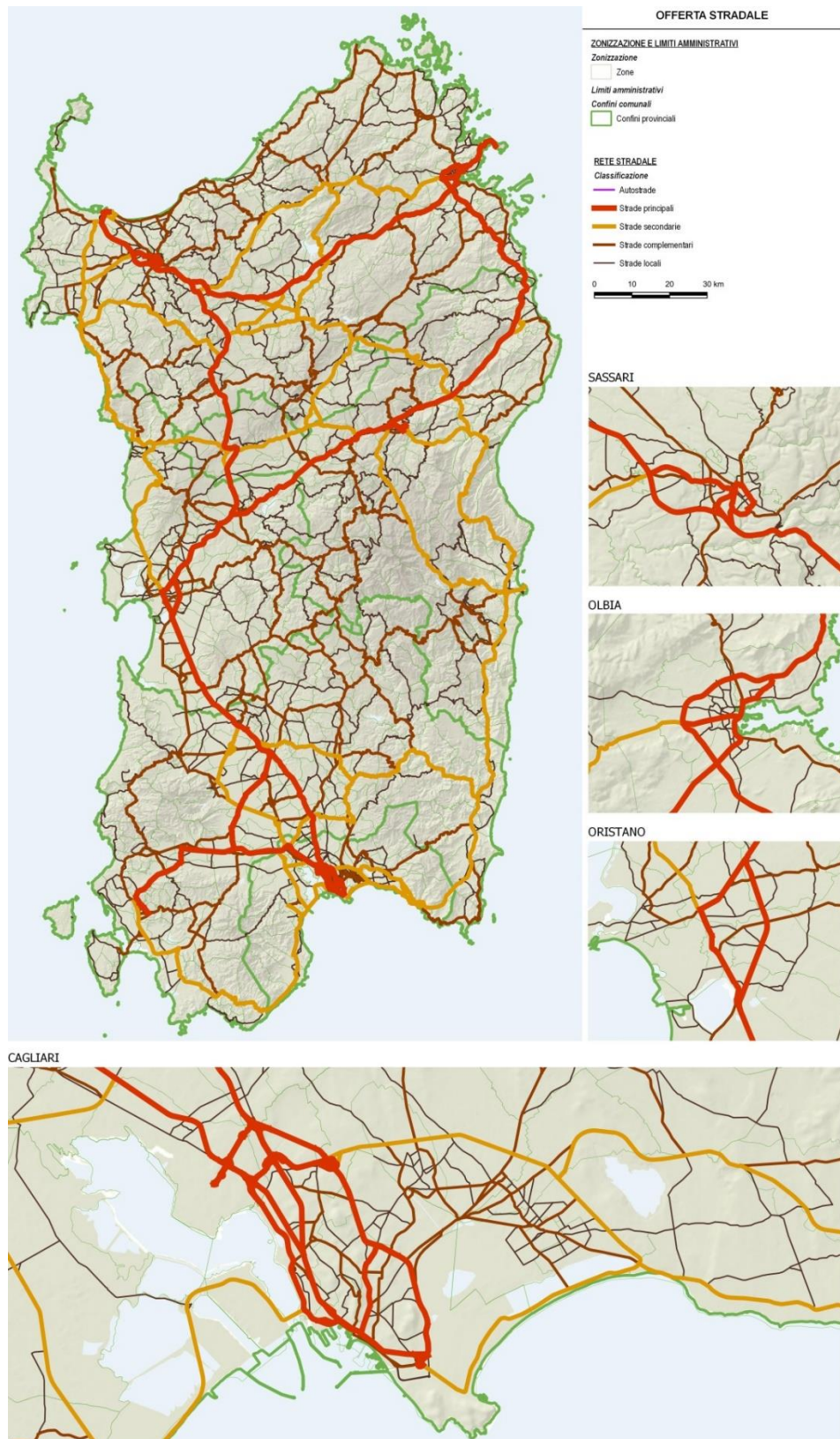
- un insieme di **nodi**, corrispondenti agli incroci
- un insieme di **archi**, corrispondenti ai collegamenti stradali fra i medesimi nodi.

Ciascuno di questi oggetti viene descritto mediante opportuni attributi, che ne identificano le caratteristiche geometriche e funzionali capaci di influenzare il deflusso veicolare. Ad esempio, gli archi sono descritti in relazione al senso di marcia, al numero di corsie, alla pendenza, ecc..

Combinando fra loro gli attributi, è possibile definire le grandezze fondamentali, che regolano il deflusso veicolare su ciascuna porzione del grafo, quali in particolare la **velocità di base** (cioè la velocità media che può essere mantenuta sull'arco da un veicolo in assenza di traffico) e la **capacità** (cioè il massimo numero di veicoli che può transitare per l'arco in un periodo di tempo dato). Ciascun arco viene poi caratterizzato da una **funzione di deflusso**  $t = t(F)$ , che indica il tempo di percorrenza,  $t$ , in funzione del flusso di traffico,  $F$ .

Si noti che **la classificazione della rete** è effettuata in relazione alle caratteristiche geometrico-funzionali delle strade e dei connettori lungo l'itinerario, e non è da intendersi una classificazione amministrativa della rete.

Nello specifico, il grafo utilizzato si compone di risultante si compone di 7.166 archi monodirezionali e 2.700 nodi, per un'estesa complessiva di rete pari a circa 7.700 km, di cui 600 riguardanti la viabilità principale (ad esempio la SS131 Carlo Felice), 1.100 la viabilità secondaria, 2.100 quella complementare e infine 3.900 quella locale (Figura 147).



Fonte: elaborazione META

Figura 147 - Modello di traffico nazionale i-TraM: grafo stradale Regione Sardegna



### 3.14.5 Matrice O/D

Una volta descritta la configurazione della rete stradale, il modello deve riprodurre gli spostamenti effettuati su di essa dai singoli autoveicoli. Ciò si ottiene utilizzando una **matrice origine / destinazione (O/D)**, che descrive la **domanda di mobilità** esistente in una data area, identificando quanti veicoli debbono spostarsi al suo interno in un periodo di tempo dato.

La matrice descrive ciascuno spostamento identificando la zona di traffico in cui esso inizia (origine), e quella in cui esso finisce (destinazione).

Nel caso del modello della Sardegna, la matrice utilizzata nasce dall'affinamento di quella in uso presso il modello ITrAM, ricondotta ad una zonizzazione più fine all'interno del comparto di analisi sulla base di specifici coefficienti di generazione e attrazione<sup>38</sup>:

La matrice risultante si compone in particolare delle seguenti componenti di domanda:

- gli spostamenti sistematici, distinti fra **studio e lavoro** e derivati dalla matrice OD ISTAT del 2011
- gli spostamenti occasionali, distinti fra **affari, personali e svago** e precedentemente calcolati su scala nazionale secondo consolidati algoritmi di generazione, distribuzione e ripartizione modale
- gli spostamenti dei veicoli **pesanti** (> 3,5 ton), desunti ripartendo la matrice europea ETIS/Transtools descrittiva degli scambi interprovinciali sulla base di opportuni descrittori territoriali rappresentativi delle principali categorie merceologiche.

Al fine di garantirne la confrontabilità reciproca, tutti i valori relativi ai flussi veicolari sono stati espressi in veicoli equivalenti<sup>39</sup>.

Nel complesso, la matrice O/D giornaliera assegnata dal modello di traffico include circa 1.6 milioni di movimenti veicolari/giorno, di cui quasi 13.000 effettuati con mezzi pesanti e i restanti con autovetture (Tabella 32).

Nel caso dei veicoli leggeri, la maggior parte degli spostamenti è interna alle province e si concentra di conseguenza sulla diagonale. La matrice dei pesanti risulta maggiormente

---

<sup>38</sup> I coefficienti di generazione sono stati calcolati in funzione delle densità abitative di ogni zona, mentre quelli di attrazione sulla base della distribuzione degli addetti. Tali distribuzioni sono state calcolate grazie all'uso dei dati censuari ISTAT 2011 per zona censuaria.

<sup>39</sup> La traduzione in veicoli equivalenti consiste nell'attribuire a una categoria veicolare (es: veicoli pesanti) di un peso in veicoli leggeri, basandosi sull'ingombro determinato in carreggiata di un singolo veicolo di quella categoria. Sulla base anche della composizione dei flussi pesanti emersa dai rilievi di traffico, si è deciso nel caso specifico di considerare che, in media un veicolo pesante equivalga a 2 veicoli leggeri.

distribuita: la diagonale ha un peso inferiore, e le relazioni più rilevanti risultano essere gli interni alla Città Metropolitana di Cagliari e gli spostamenti fra Cagliari e Sassari.

REGIONE SARDEGNA							
MATRICE SPOSTAMENTI STRADALI							
<i>(veicoli/giorno)</i>							
LEGGERI							
	90	95	91	111	92	OTH	TOTALE
90 Prov. Sassari	440.705	1.626	8.788	203	566	242	<b>452.129</b>
95 Prov. Oristano	1.626	116.525	5.237	6.300	2.136	71	<b>131.895</b>
91 Prov. Nuoro	8.788	5.237	137.960	1.383	1.048	95	<b>154.512</b>
111 Prov. Sud Sardegna	203	6.300	1.383	227.499	38.618	146	<b>274.149</b>
92 Prov. Cagliari	566	2.136	1.048	38.618	547.457	212	<b>590.037</b>
OTH Continente	242	71	95	146	212	-	<b>765</b>
<b>TOTALE</b>	<b>452.129</b>	<b>131.895</b>	<b>154.512</b>	<b>274.149</b>	<b>590.037</b>	<b>765</b>	<b>1.603.487</b>

PESANTI							
	90	95	91	111	92	OTH	TOTALE
90 Prov. Sassari	1.505	171	77	267	247	512	<b>2.778</b>
95 Prov. Oristano	171	145	27	120	158	71	<b>693</b>
91 Prov. Nuoro	77	27	74	53	105	70	<b>407</b>
111 Prov. Sud Sardegna	267	120	53	913	1.734	338	<b>3.425</b>
92 Prov. Cagliari	247	158	105	1.734	1.856	209	<b>4.309</b>
OTH Continente	512	71	70	338	209	-	<b>1.200</b>
<b>TOTALE</b>	<b>2.778</b>	<b>693</b>	<b>407</b>	<b>3.425</b>	<b>4.309</b>	<b>1.200</b>	<b>12.811</b>

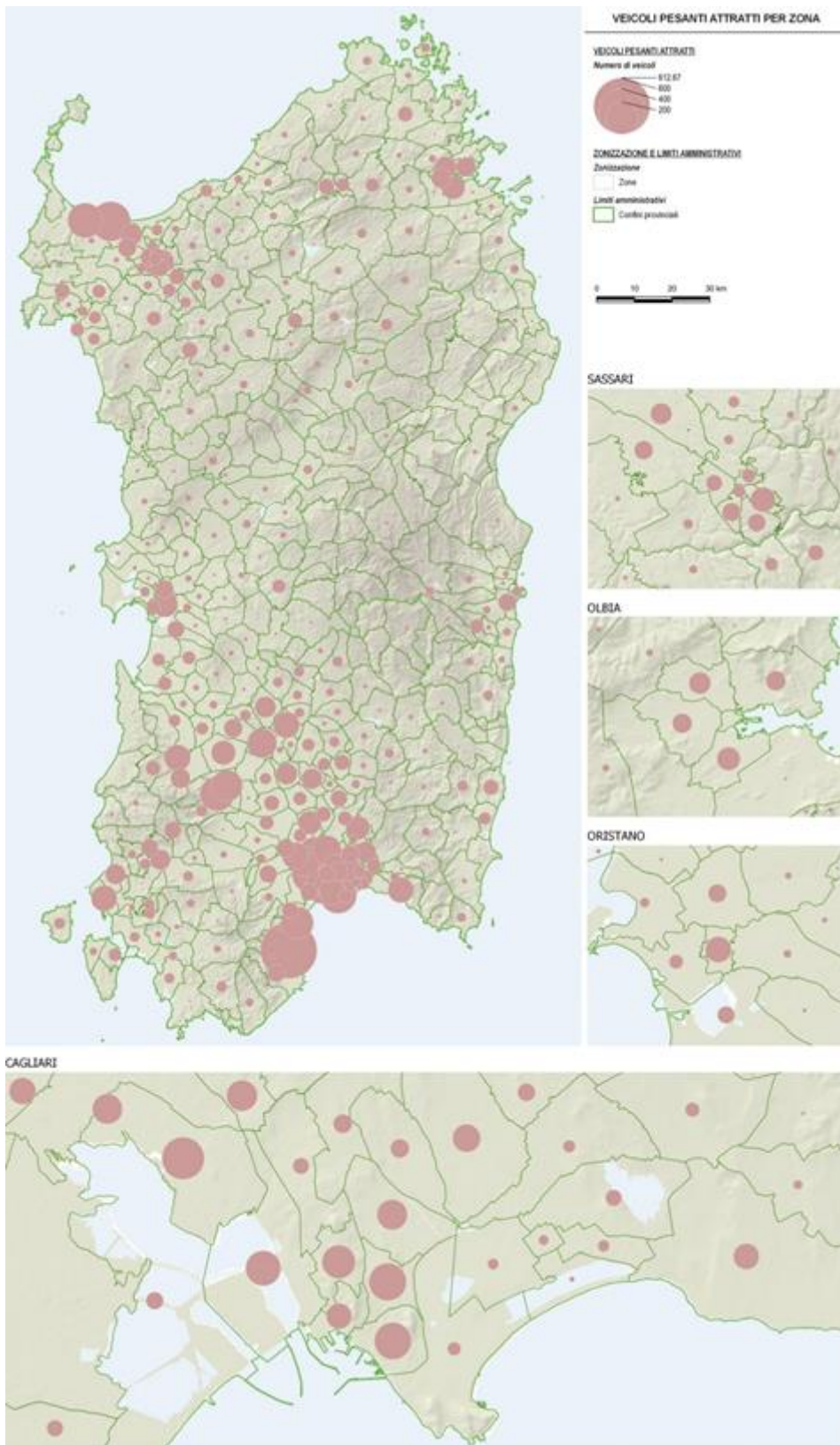
TOTALI							
	90	95	91	111	92	OTH	TOTALE
90 Prov. Sassari	442.209	1.797	8.865	470	813	753	<b>454.906</b>
95 Prov. Oristano	1.797	116.671	5.264	6.420	2.295	142	<b>132.588</b>
91 Prov. Nuoro	8.865	5.264	138.035	1.436	1.153	165	<b>154.918</b>
111 Prov. Sud Sardegna	470	6.420	1.436	228.412	40.352	484	<b>277.574</b>
92 Prov. Cagliari	813	2.295	1.153	40.352	549.313	421	<b>594.346</b>
OTH Continente	753	142	165	484	421	-	<b>1.965</b>
<b>TOTALE</b>	<b>454.906</b>	<b>132.588</b>	<b>154.918</b>	<b>277.574</b>	<b>594.346</b>	<b>1.965</b>	<b>1.616.298</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 32 - Matrice OD per componente veicolare

Attribuendo alle singole zone il totale dei flussi attratti, è possibile avere una rappresentazione cartografica dei principali sistemi territoriali (Figura 148). In particolare, nel caso dei flussi veicolari pesanti, emergono tre concentrazioni:

- a Nord il sistema di Sassari-Alghero, incluso Porto Torres, e di Olbia
- al centro i centri di Oristano e, in misura minore, Tortolì
- al sud, dove si concentrano gli attrattori più rilevanti, il sistema di Cagliari, ivi compresa la raffineria Sarroch. Evidente anche la presenza di diversi attrattori di medio calibro nel quadrante a Nord-Ovest di Cagliari (es: Sanluri, Villacidro, Iglesias).



Fonte: elaborazione META

Figura 148 - Spostamenti pesanti attratti per zona

### 3.14.6 Calibrazione del modello

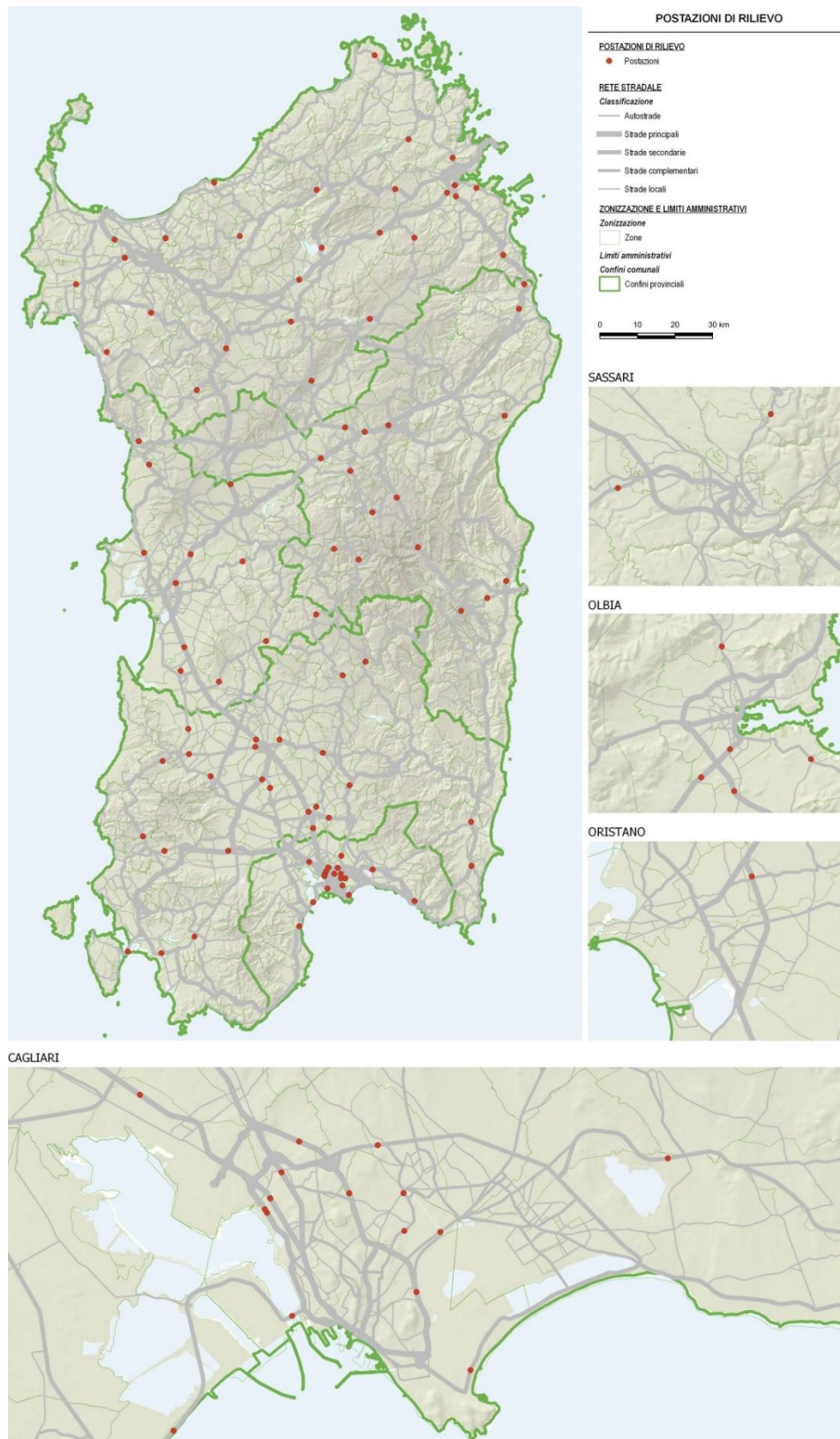
L'affidabilità del modello è correlata alla sua capacità di riprodurre, con sufficiente approssimazione, i flussi veicolari rilevati sulla rete stradale. Ne consegue la necessità di sottoporre preliminarmente il modello stesso ad una accurata fase di **calibrazione**, finalizzata alla “messa a punto” degli attributi del grafo e della matrice.

Nel caso del modello della Regione Sardegna, la calibrazione è stata effettuata sulla base dei dati di traffico resi disponibili da due fonti principali:

- I dati TGM ANAS, calcolati grazie alla rete di sensori PANAMA e disponibili per gli anni 2013-2019. Per ogni postazione viene riportata la media bidirezionale dei veicoli leggeri e pesanti circolanti in un giorno medio. Dal momento che non tutte le postazioni era disponibile il dato 2019, per ognuna è stato l'anno più recente disponibile.
- I dati della Sala di controllo della mobilità del Comune di Cagliari, che restituiscono il cordone di Cagliari sulla base di 9 postazioni. Per ogni postazione viene riportato il totale di veicoli in transito per direzione, senza però avere una distinzione fra leggeri e pesanti.

Da evidenziare che, con l'esclusione di Cagliari, i principali centri urbani non hanno una copertura di postazioni sufficiente a verificare accuratamente la corrispondenza fra quanto simulato e il reale assetto dei flussi veicolari.

L'immagine seguente (Figura 149) mostra la localizzazione dei punti di calibrazione utilizzati sull'intero territorio regionale.



Fonte: elaborazione META

Figura 149 - Localizzazione delle postazioni di rilievo

Il confronto fra i flussi rilevati con quelli simulati dal modello di traffico evidenzia il raggiungimento di un buon livello di correlazione, con parametro  $R^2$  pari a 0,93 sull'intera rete e intercetta 0.94 sul totale dei veicoli circolanti (Figura 150). Per quanto riguarda i veicoli pesanti, invece, l'intercetta è pari a 1, mentre l' $R^2$  è quasi 0.93 (Figura 151).

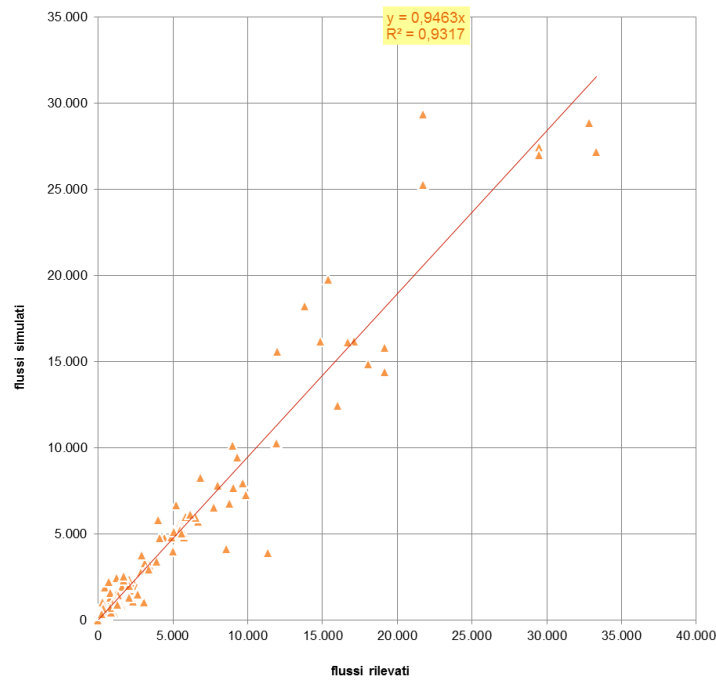
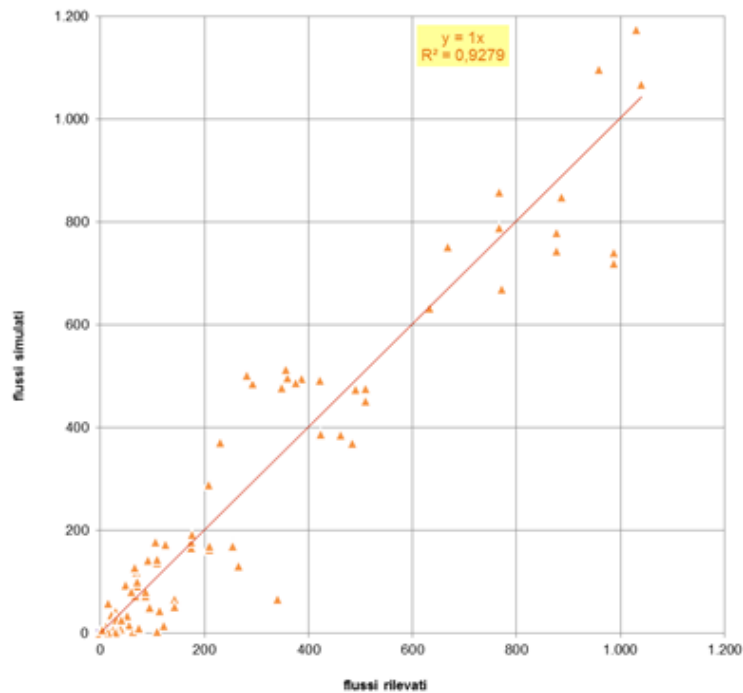


Figura 150 - Calibrazione del modello regionale – totale flussi



Fonte: elaborazione META

Figura 151 - Calibrazione del modello regionale –flussi pesanti

### 3.14.7 Simulazione dello stato di fatto

Il modello di simulazione del traffico, opportunamente calibrato, descrive in modo ragionevolmente accurato i carichi veicolari gravanti sulla rete viaria regionale in un giorno feriale medio.

Per quanto riguarda la rete primaria e di distribuzione, direttamente interessata dai conteggi di traffico utilizzati in fase di calibrazione, la sua attendibilità rispecchia le condizioni descritte nel precedente paragrafo, mentre per quanto attiene alla rete strettamente locale, i risultati ottenuti assumono un valore più indicativo eventualmente meglio definibile in fasi successive nel caso si disponesse di rilievi sul campo.

Osservando il flussogramma dei carichi veicolari simulati su ciascun arco stradale, riportato nelle immagini seguenti, è possibile riconoscere alcuni caratteri peculiari del traffico che interessano la rete stradale regionale

In particolare, risulta evidente come il traffico veicolare complessivo (Figura 152) si sviluppi prevalentemente nella **Città Metropolitana di Cagliari**, in primo luogo internamente all'area urbana in modo diffuso e quindi lungo le seguenti direttrici principali:

- in direzione Nord: Oristano con relativi innesti verso l'entroterra
- in direzione Ovest: Siliqua, Iglesias, Sant'Anna Arresi, Sant'Antioco

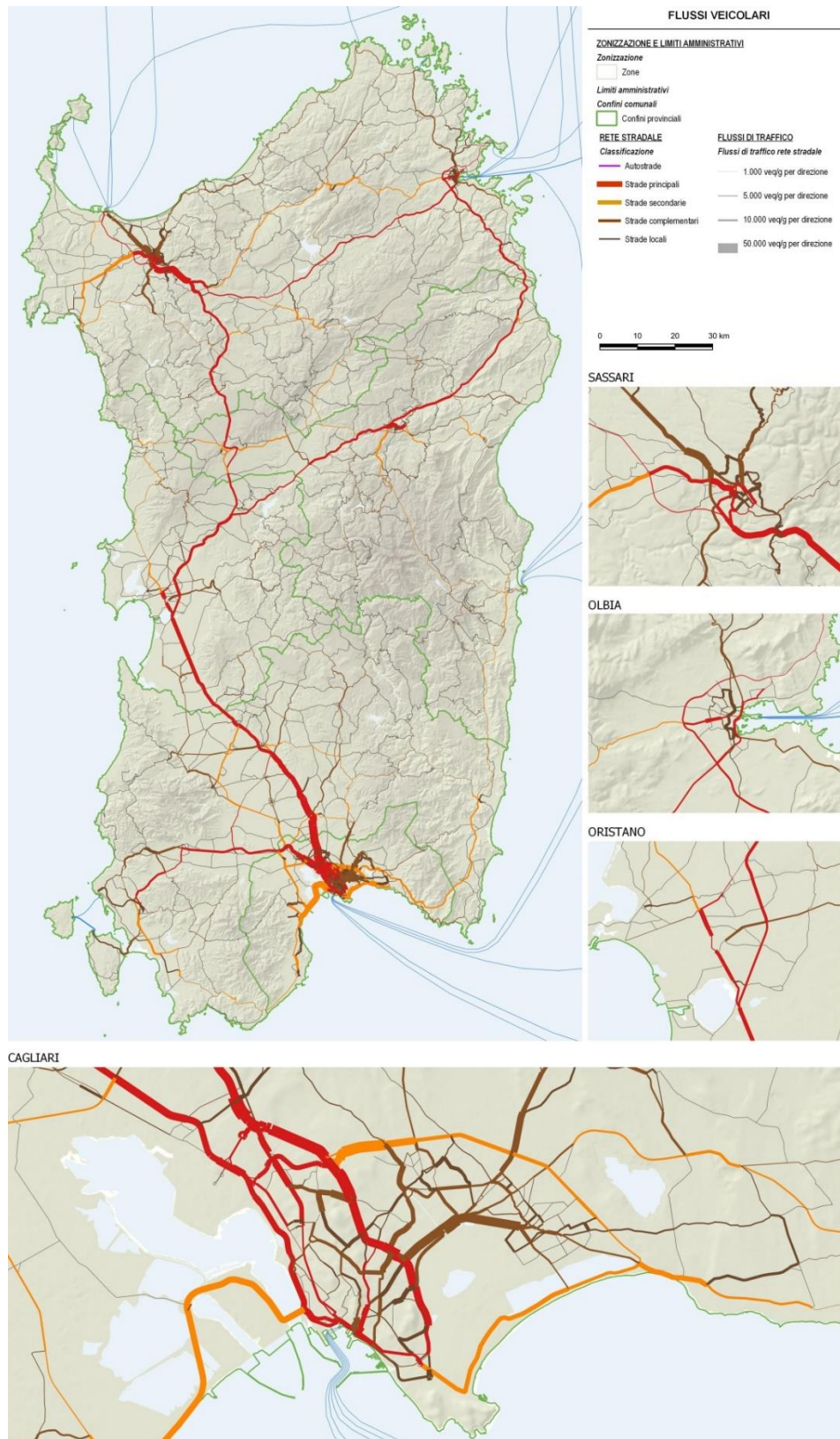
- in direzione Est: Villasimius con prosecuzione lungo la costa in direzione Arbatax.

A nord dell'isola, Il traffico veicolare leggero si sviluppa prevalentemente nell'area urbana di **Sassari-Porto Torres-Alghero**, in quella di **Olbia** e di **Nuoro** e lungo le direttrici di collegamento tra i tre poli. Rispetto al sistema cagliaritano, i flussi risultano maggiormente distribuiti nel resto della rete stradale

Il flusso pesante (Figura 153) si concentra su un limitato insieme di infrastrutture stradali:

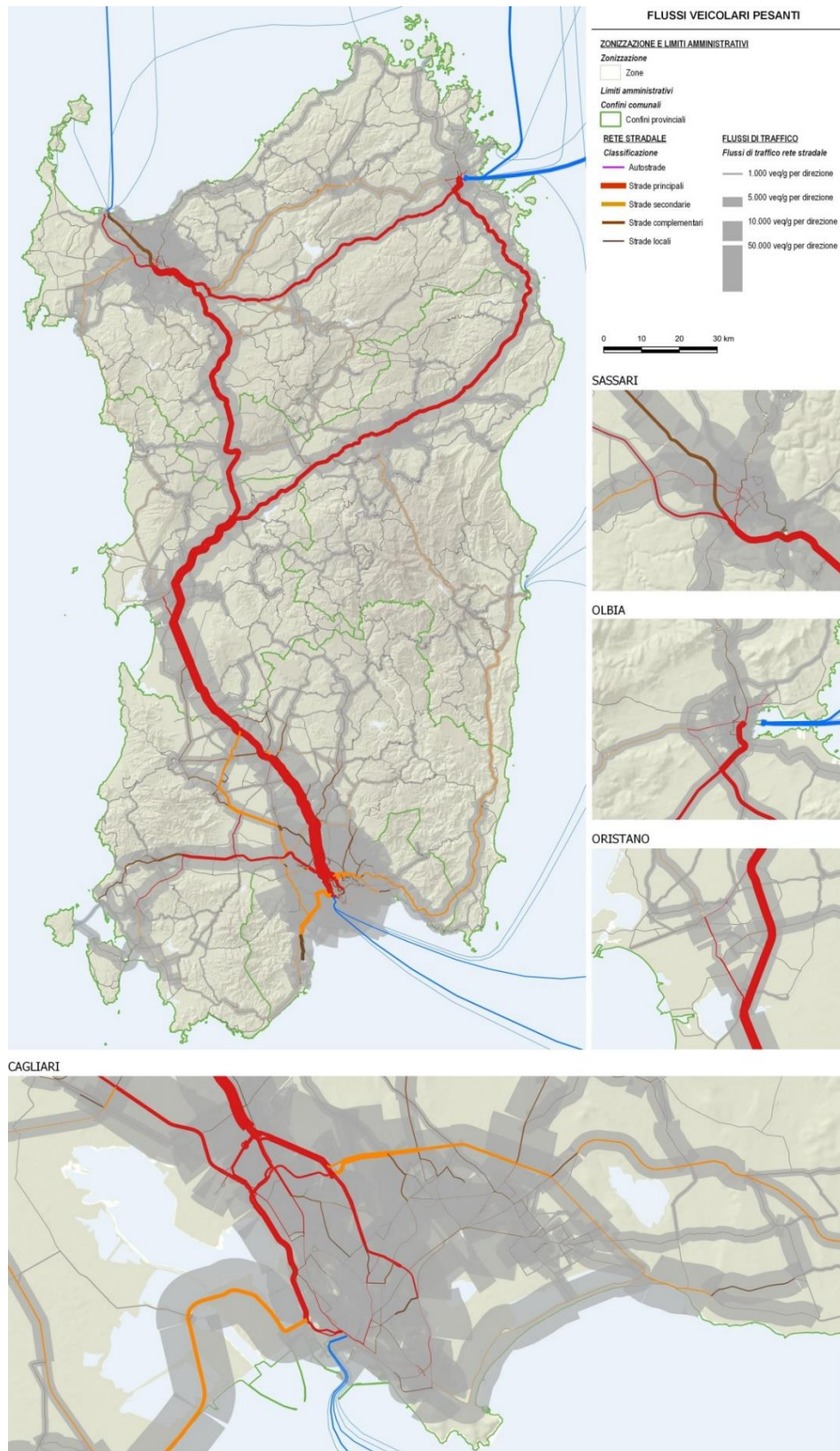
- la SS131 Carlo Felice risulta essere la strada con i carichi pesanti più elevati, in particolare a sud dell'isola. A nord, pur mantenendo un ruolo di primo piano, i flussi sono infatti più distribuiti
- lungo la Variante SS 126 Sud occidentale sarda
- la SS 131 DCN Diramazione Centrale Nuorese per collegamenti Oristano-Olbia
- in direzione Ovest lungo il primo tratto della SS130 Iglesiente fino alla SS293 da cui i flussi si dividono riducendosi ulteriormente;
- in direzione Est Villasimius con prosecuzione lungo la costa in costante riduzione fino ad Arbatax.





Fonte: elaborazione META

Figura 152 - Flussi veicolari complessivi – stato di fatto



Fonte: elaborazione META

Figura 153 - Flussi veicolari pesanti – stato di fatto

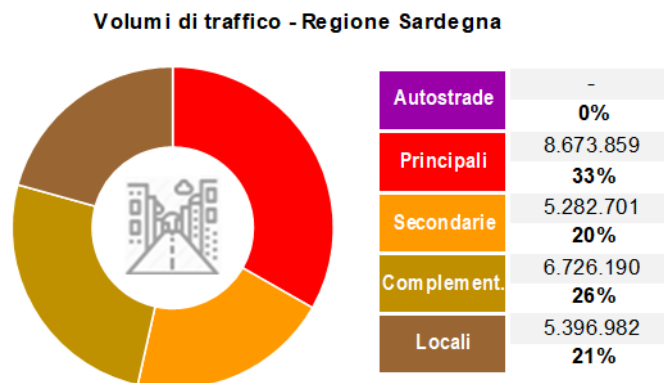
L'utilizzo di un modello di simulazione presenta anche il vantaggio, non secondario, di permettere l'estrazione di statistiche aggregate, che descrivono in modo sintetico la "quantità di traffico" presente e/o prevista nel territorio regionale.

Tali statistiche sono espresse secondo due tipiche grandezze, così definite:

- **volume totale di traffico**, corrispondente alla somma delle distanze percorse da tutti i veicoli entro l'area di studio in un determinato periodo di tempo, espresso in veicoli x chilometro giornalieri (*vkm/giorno*)
- **tempo di percorrenza complessivo**, corrispondente alla somma dei tempi impiegati da ciascun veicolo per percorrere gli archi stradali, espresso in veicoli x ora, sempre giornalieri (*vh/giorno*).

Il rapporto tra questi due indicatori restituisce la velocità media di deflusso sul grafo, espressa in  $vkm : vh = km/h$ .

A livello complessivo, in una giornata "media" (lavorativa, invernale e scolastica), sulla rete stradale regionale sono stati simulati 26 milioni di veicoli equivalenti\*km/giorno (Figura 154 e Tabella 33). Tali flussi si concentrano in misura simile fra la rete principale (33%) e quella complementare (26%). Simili anche le quote della rete secondaria (20%) e locale (21%). Le percorrenze complessive ammontano a quasi 440mila veicoli\*ora/giorno, per una velocità media di quasi 60 km/h, con valori più alti sulla rete principale (oltre 80 km/h), e più contenuti su quella locale (40 km/h).



Fonte: elaborazione META

Figura 154 - Riepilogo delle percorrenze complessive

VOLUMI E PERCORRENZE - Regione Sardegna				
CLASSE	Estesa	Volumi	Tempi	Velocità
	km	veq*km/giorno	veic*h/giorno	km/h
Principali	596	8.673.859	93.473	86,3
Secondarie	1.122	5.282.701	83.658	61,3
Complement.	2.052	6.726.190	131.893	50,3
Locali	3.937	5.396.982	128.789	41,4
Navigazione	1.259	593.774	20.008	29,7
<b>TOTALE</b>	<b>8.965,5</b>	<b>26.079.731</b>	<b>437.813</b>	<b>59,6</b>

Fonte: elaborazione META

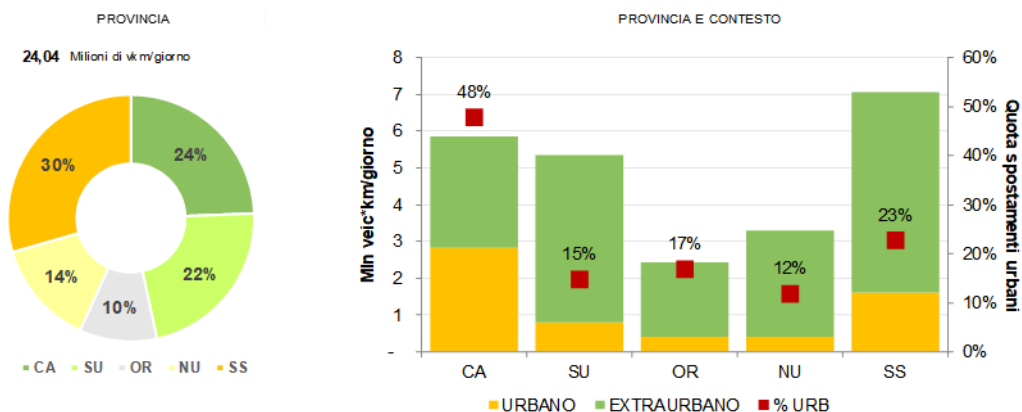
Tabella 33 - Volumi e percorrenze

È possibile, inoltre, articolare queste statistiche per macro-categoria veicolare (leggeri/pesanti), territorio attraversato (province) e tipo di contesto (urbano/extraurbano).

Per quanto riguarda i veicoli leggeri, i 24 milioni di veicoli\*km/giorno si distribuiscono in quote simili fra le Provincia di Sassari, (30%), nella Città Metropolitana di Cagliari (24%) e nella Provincia del Sud-Sardegna (22%), mentre di minor rilevanza le Provincie di Nuoro (12%) e Oristano (10%). Nella Città Metropolitana, quasi la metà degli spostamenti è in ambito urbano (48%), quota che scende a meno di un quarto a Sassari (23%) e a valori ancora inferiori a Oristano (17%), Sud Sardegna (15%) e Nuoro (12%).

Per quanto riguarda invece la distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti, la principale provincia di riferimento rimane Sassari (28%), seguita da Sud Sardegna (25%) Oristano (19%), Nuoro (16%) e Cagliari (12%). L'incidenza degli spostamenti urbani è nettamente inferiore al caso precedente, con un valore massimo del 29% a Cagliari e gli altri casi inferiori o uguali al 10%.

Questa diversità fra leggeri e pesanti conferma la diversa geografia degli spostamenti per le due categorie veicolari, dove i flussi leggeri tendono a concentrarsi sui poli urbani, mentre quelli pesanti tendono ad attraversare l'intera isola, in particolare connettendo Cagliari-Oristano-Sassari/Olbia.



Fonte: elaborazione META

Figura 155 - Distribuzione delle percorrenze dei veicoli leggeri

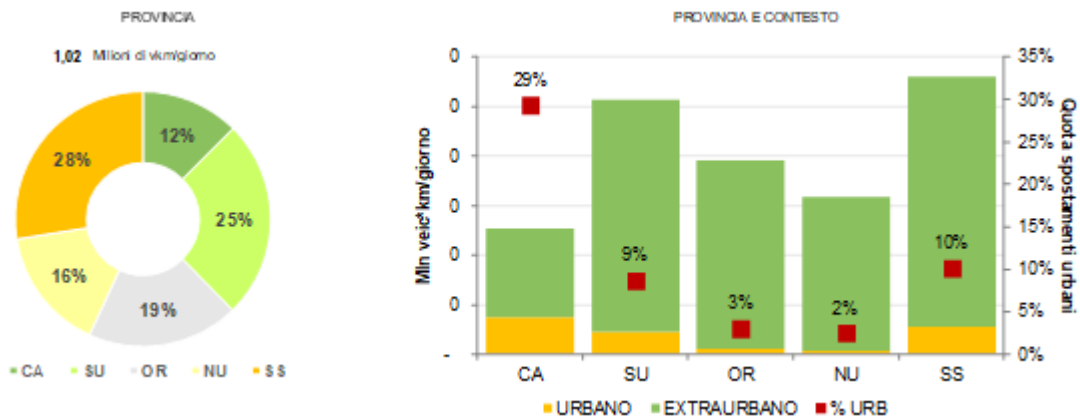


Figura 156 - Distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti

Per un quadro complessivo volumi e percorrenze, le statistiche desunte dalla rete assegnata vengono infine integrate parametricamente con quelle relative agli spostamenti intrazonali e gli ingressi/egressi dalla rete. In entrambi i casi, vengono applicati alla matrice delle lunghezze e dei tempi di percorrenza medi specifici per la zona.

Per quanto riguarda gli **spostamenti intrazonali**, la lunghezza media viene calcolata come distanza media in linea d'aria fra le differenti sezioni censuarie interne alla zona. Le distanze vengono quindi pesate sulla base della popolazione ivi residente (dato 2011). Per quanto riguarda i tempi, questi vengono calcolati invece sulla base della velocità media della rete interna alla zona, con l'esclusione delle infrastrutture più performanti, caratterizzate da una vocazione maggiormente interzonale. Ne risultano quasi 350.000 veq\*km/giorno e 8.000 veic\*h/giorno, per una velocità media di quasi 43 km/h

Con riferimento invece ai **costi di ingresso/egresso**, le lunghezze sono calcolate sulla base della distanza media delle sezioni censuarie dal connettore della zona, mentre i tempi vengono calcolati come nel caso precedente. Ne risultano quasi 2.7 milioni di veq\*km/giorno e 0.5 milioni di veic\*h/giorno, per una velocità media di circa 35 km/h (Tabella 34)

VOLUMI E PERCORRENZE - Regione Sardegna			
CLASSE	Volumi	Tempi	Velocità
	veq*km/giorno	veic*h/giorno	km/h
Rete simulata	26.079.731	437.813	59,6
Intrazonali	345.825	8.073	42,7
Ingresso/Egresso	2.691.546	75.491	35,3
<b>TOTALE</b>	<b>29.117.103</b>	<b>521.377</b>	<b>53,9</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 34 - Riepilogo volumi e percorrenze dello stato di fatto

### 3.15 Stima *bottom-up* dei consumi di gasolio autotrazione sulla rete stradale sarda

#### 3.15.1 Analisi dati parco veicolare della Sardegna

Sulla base delle statistiche ACI relative alla composizione del parco veicolare per provincia (Autoritratto), è possibile definire le principali caratteristiche dei veicoli attualmente immatricolati in Sardegna. L'indagine copre infatti aspetti quali ad esempio la cilindrata, l'anno di immatricolazione, l'alimentazione e la classe di omologazione. Per i veicoli commerciali, inoltre, è disponibile anche l'informazione riguardante la portata.

Vengono di seguito presentate le statistiche distinte per autovetture e per veicoli commerciali (furgoni e pesanti) per l'anno 2019.

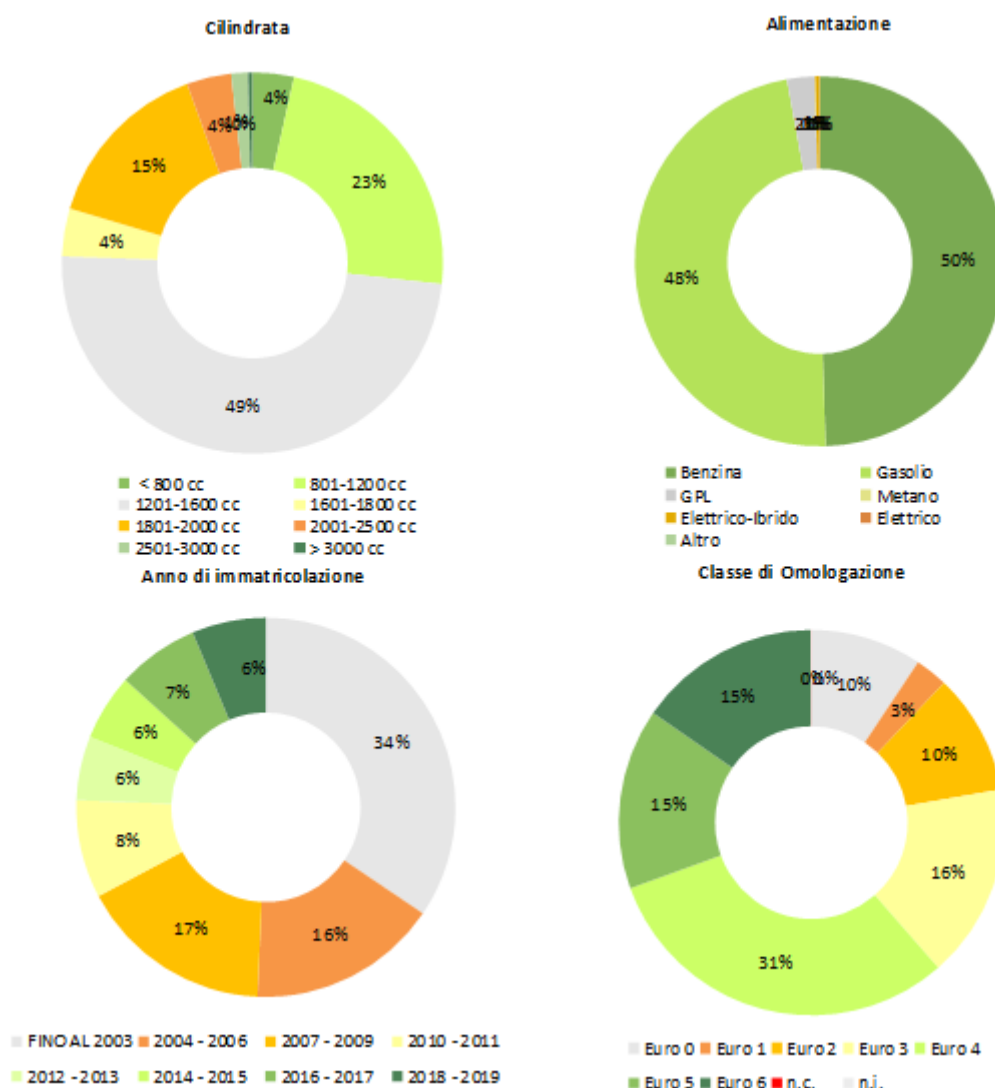


Figura 157 - Parco autovetture regionale, 2019, Fonte: elaborazione META

Con riferimento al **parco autoveature** (Figura 157 e Tabella 35), le statistiche ACI riportano la presenza di 1.07 milioni di veicoli. Quasi la metà delle cilindrata è compresa fra i 1.200 e i 1.600 cc, mentre l'altra metà si ripartisce similmente fra cilindrata superiori e inferiori. Per quanto riguarda l'alimentazione, la distribuzione benzina/gasolio risulta uniforme, con quote residuali per le altre alimentazioni, in particolare GPL (2% circa). L'anno mediano di immatricolazione è il 2007 e nell'insieme, il 60% del parco veicolare ha classe di omologazione Euro 4 o superiore.

Regione Sardegna											
AUTOVETTURE CIRCOLANTI PER ALIMENTAZIONE, CILINDRATA E CLASSE DI OMOLOGAZIONE (2019)											
CLASSE DI OMOLOGAZIONE UE											
Alimentazione	Cilindrata (cc)	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6	n.r.	n.i.	TOTALE
BENZINA	Fino a 1400	69.123	16.480	67.398	74.013	126.443	50.211	68.222		571	472.461
	1401 - 2000	11.638	5.546	11.374	7.758	11.225	2.793	2.932		65	53.329
	Oltre 2000	1.048	306	589	570	1.126	226	251		9	4.125
	non identificato	18	1	0	0	0	0	0		3	22
<b>Tot.BENZINA</b>		<b>81.827</b>	<b>22.333</b>	<b>79.361</b>	<b>82.339</b>	<b>138.794</b>	<b>53.230</b>	<b>71.405</b>		<b>648</b>	<b>529.937</b>
GASOLIO	Fino a 1400	2.217	228	99	15.670	71.446	26.267	8.087		0	124.014
	1401 - 2000	7.160	2.889	17.323	62.168	95.582	72.595	74.220		5	331.942
	Oltre 2000	5.434	2.799	9.489	13.087	12.237	6.623	4.595		6	54.270
	non identificato	3	0	0	0	0	0	0		0	3
<b>Tot.GASOLIO</b>		<b>14.814</b>	<b>5.916</b>	<b>26.911</b>	<b>90.925</b>	<b>179.265</b>	<b>105.485</b>	<b>86.902</b>		<b>11</b>	<b>510.229</b>
BENZINA E GAS LIQUIDO	Fino a 1400	1.326	259	868	725	10.601	2.611	1.577		3	17.970
	1401 - 2000	1.831	831	1.306	733	1.768	536	251		3	7.259
	Oltre 2000	118	51	110	104	204	11	1		0	599
	non identificato	1	0	0	0	0	0	0		0	1
<b>Tot.BENZINA O GAS LIQUIDO</b>		<b>3.276</b>	<b>1.141</b>	<b>2.284</b>	<b>1.562</b>	<b>12.573</b>	<b>3.158</b>	<b>1.829</b>		<b>6</b>	<b>25.829</b>
BENZINA E METANO	Fino a 1400	53	10	38	17	130	121	42		0	411
	1401 - 2000	30	14	29	22	45	7	6		0	153
	Oltre 2000	1	2	1	0	2	0	0		0	6
	non identificato	0	0	0	0	0	0	0		0	0
<b>Tot.BENZINA O METANO</b>		<b>84</b>	<b>26</b>	<b>68</b>	<b>39</b>	<b>177</b>	<b>128</b>	<b>48</b>		<b>0</b>	<b>570</b>
ELETTRICO- IBRIDO	Fino a 1400	0	0	0	0	6	55	210		0	271
	1401 - 2000	0	0	0	0	45	394	2.680		0	3.119
	Oltre 2000	0	0	0	0	14	20	400		0	434
	elettrico 100%	0	0	0	0	0	0	0	253	0	253
<b>Tot.ELETTRICO-IBRIDO</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>469</b>	<b>3.290</b>	<b>253</b>	<b>0</b>	<b>4.077</b>
ALTRE	=	28	0	0	0	0	0	0		4	32
<b>Tot. ALTRE</b>		<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>4</b>	<b>32</b>
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>		<b>100.029</b>	<b>29.416</b>	<b>108.624</b>	<b>174.865</b>	<b>330.874</b>	<b>162.470</b>	<b>163.474</b>	<b>253</b>	<b>669</b>	<b>1.070.674</b>

Tabella 35 - Parco autoveature regionale, 2019, Fonte: elaborazione META su dati ACI

Per quanto riguarda invece il **parco dei veicoli commerciali** (Figura 158 e Tabella 36), questi comprende circa 160mila veicoli, di cui oltre l'85% con portata inferiore alle 3.5 t (veicoli commerciali leggeri), e il restante 15% superiore (veicoli commerciali pesanti). L'alimentazione è per il 95% dei veicoli basata su gasolio, mentre i veicoli alimentati a benzina sono una quota residuale e concentrata nelle piccole portate. Più della metà dei veicoli sono stati immatricolati prima del 2003 e la classe di omologazione mediana è l'Euro III.

Da evidenziare la presenza di forti differenze fra la distribuzione per classi di omologazione dei commerciali leggeri rispetto ai pesanti, per i quali la classe di omologazione mediana è l'Euro I, e quasi la metà degli immatricolati risultano Euro 0.

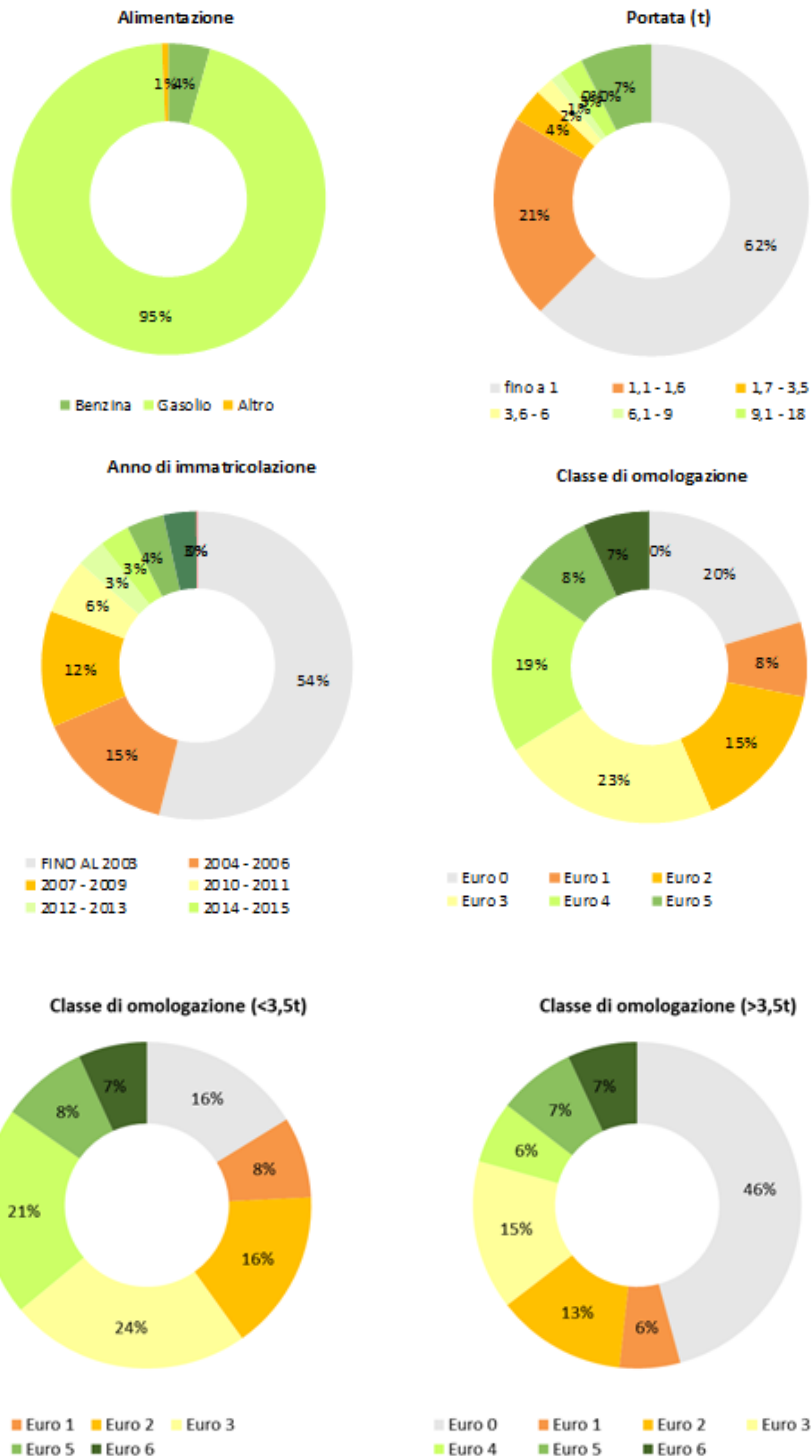


Figura 158 - Parco veicoli commerciali regionale, 2019. Fonte: elaborazione META su dati ACI



Regione Sardegna											
VEICOLI COMMERCIALI CIRCOLANTI PER ALIMENTAZIONE, PORTATA E CLASSE DI OMOLOGAZIONE (2019)											
CLASSE DI OMOLOGAZIONE UE											
Alimentazione	Portata (q.li)	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6	n.c.	n.d.	TOTALE
BENZINA	fino 3,5 t	1.443	891	1.526	1.306	1.015	427	347	-	20	6.975
	oltre 3,5 t	84	-	2	-	1	-	1	-	-	88
	trattori stradali	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3
<b>Tot.BENZINA</b>		<b>1.529</b>	<b>892</b>	<b>1.528</b>	<b>1.306</b>	<b>1.016</b>	<b>427</b>	<b>348</b>	-	<b>20</b>	<b>7.066</b>
BENZINA	fino 3,5 t	203	41	47	40	535	68	63	-	-	997
GAS LIQUIDO	oltre 3,5 t	13	-	-	-	-	-	-	-	-	13
	trattori stradali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tot.BENZINA E GAS LIQUIDO</b>		<b>216</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	<b>535</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	-	-	<b>1.010</b>
BENZINA	fino 3,5 t	6	2	3	3	9	35	1	-	-	59
METANO	oltre 3,5 t	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
	trattori stradali	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4
<b>Tot.BENZINA E METANO</b>		<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>35</b>	<b>5</b>	-	-	<b>64</b>
ELETTRICO	fino 3,5 t	-	-	-	-	1	3	21	75	-	100
IBRIDO	oltre 3,5 t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	trattori stradali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tot.ELETTRICO E IBRIDO</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	fino 3,5 t	20.678	10.154	20.386	31.469	27.068	11.245	8.900	-	14	129.914
	3,6 - 7,5	3.358	385	722	797	429	221	157	-	14	6.083
	7,6 - 12	2.824	308	475	474	205	162	126	-	11	4.585
	12,1 - 14	708	33	54	43	33	23	30	-	4	928
	14,1 - 20	1.248	224	434	433	199	172	150	-	12	2.872
GASOLIO	20,1 - 26	2.255	350	628	544	183	201	160	-	3	4.324
(VI)	26,1 - 28	14	4	-	1	-	-	6	-	-	25
	28,1 - 32	17	36	261	464	150	119	110	-	1	1.158
	Oltre 32	48	7	6	5	8	2	-	-	1	77
	fino a 14	171	-	5	5	4	5	1	-	-	191
	14,1 - 20	251	99	547	901	300	982	927	-	-	4.007
	20,1 - 28	39	8	27	25	13	15	10	-	-	137
GASOLIO	28,1 - 34	2	-	2	4	1	-	1	-	-	10
(TS)	34,1 - 40	1	2	5	3	1	-	-	-	-	12
	40,1 - 50	-	2	3	2	-	2	1	-	-	10
	50,1 - 60	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
	Non definito	392	35	21	3	3	7	32	-	5	498
<b>Tot.GASOLIO</b>		<b>32.006</b>	<b>11.647</b>	<b>23.576</b>	<b>35.173</b>	<b>28.598</b>	<b>13.156</b>	<b>10.611</b>	-	<b>65</b>	<b>154.832</b>
	fino 3,5 t	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
N.I.	oltre 3,5 t	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2
	trattori stradali	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3
<b>Tot.ALTRE</b>		<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>		<b>33.763</b>	<b>12.582</b>	<b>25.155</b>	<b>36.524</b>	<b>30.159</b>	<b>13.689</b>	<b>11.048</b>	<b>75</b>	<b>86</b>	<b>163.081</b>

Tabella 36 - Riepilogo volumi e percorrenze dello stato di fatto. Fonte: elaborazione META su dati ACI

### 3.15.2 Stima dei coefficienti unitari di consumo COPERT/CORINAIR;

La stima dei consumi energetici è stata sviluppata secondo la metodologia COPERT/CORINAIR<sup>40</sup>, facendo riferimento all'approccio di maggior dettaglio (Tier 3)<sup>41</sup>.

I coefficienti unitari di consumo sono stati determinati rapportando i valori della banca-dati europea con la composizione del parco veicolare circolante, riportata dai dati ACI 2019 con riferimento all'intera Regione Sardegna.

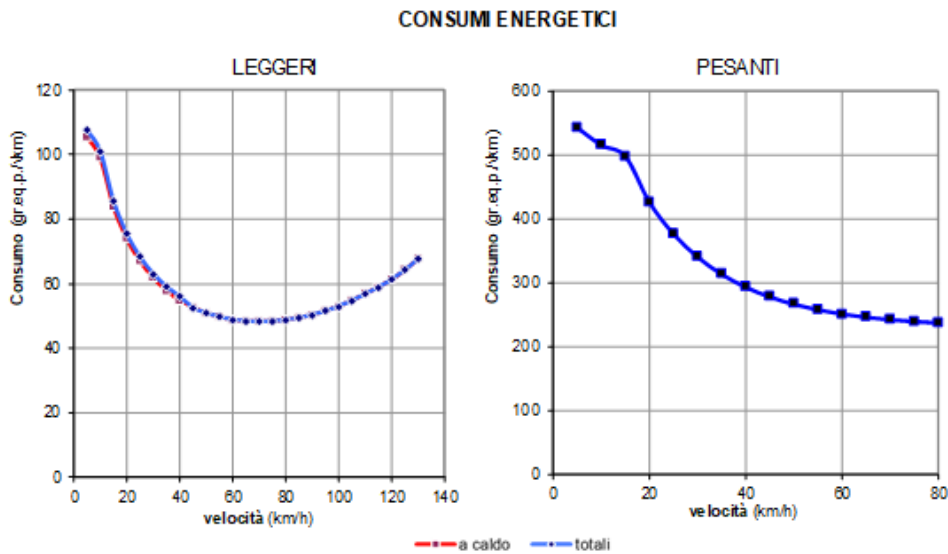
Grazie alla dettagliata lettura del parco veicolare vista nel paragrafo precedente, è possibile il calcolo di **coefficienti di emissioni medi**, operazione che viene effettuata incrociando la ripartizione del parco veicolare dei veicoli leggeri (autovetture e commerciali <3,5 t) e pesanti per classe di omologazione, con le emissioni medie associate in funzione della velocità ad ognuna di queste, disponibili nella banca-dati europea COPERT-CORINAIR.

Le curve risultanti (Figura 159) risultano fortemente differenziate per entità delle emissioni unitarie, con i veicoli pesanti che presentano valori naturalmente più elevati, e per forma funzionale. Nello specifico, le emissioni unitarie dei veicoli leggeri presentano una forma a parabola, con un massimo di quasi 110 gep/km a velocità molto basse, che scendono fino ad un minimo di quasi 50 intorno ai 70 km/h, per poi risalire a quasi 70 gep/km per velocità intorno ai 130 km/h. La curva dei pesanti, invece, presenta valori iniziali decisamente più elevati (550 gep/km), che però scendono molto rapidamente, finendo con l'asintotizzarsi attorno ai 230 gep/km per velocità di 80 km/h o superiori.

---

<sup>40</sup> Linee-guida EEA 2016, aggiornamento 2018

<sup>41</sup> Il gruppo di lavoro CORINAIR (COoRdination INformation AIR) attivato dalla Commissione delle Comunità Europee elabora ed aggiorna periodicamente i fattori unitari relativi al consumo di carburante, ed alle emissioni inquinanti (CO, NOx, COV, SO2, CO2), relativi a diverse categorie e sottocategorie di autoveicolo. In particolare, sono attualmente disponibili i fattori unitari relativi alle autovetture a benzina (a loro volta articolate per tre classi di cilindrata e per regolamento ECE vigente all'anno di immatricolazione); alle autovetture diesel (suddivise in due classi di cilindrata) ed autovetture a GPL; ai veicoli commerciali leggeri (a benzina e diesel); ai veicoli diesel commerciali pesanti (suddivisi in tre classi di peso); agli autobus ed ai motocicli (tre classi di cilindrata). Per quanto riguarda in particolare le autovetture a benzina e diesel, i fattori sono espressi mediante relazioni continue in funzione della velocità media di marcia (per velocità comprese fra 10 e 130 km/h), mentre i fattori relativi alle altre categorie di autoveicolo sono espressi con riferimento a tre condizioni di marcia tipo (urbana, extraurbana, autostradale). I coefficienti sono riportati nel rapporto: *Commission of the European Communities (AA.VV.), CORINAIR Working Group on Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic*, Bruxelles, 1991; e dai suoi successivi aggiornamenti: Ntziachristos L., Samaras Z.; *COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (version 2.1)*; technical report n.49, European Environmental Agency, Copenhagen, november 2000. Gkatzoflias D., Kouridis C., Ntziachristos L., Samaras Z.; *COPERT 4 Computer programme to calculate emissions from road transport; user manual*, European Environmental Agency, Copenhagen, december 2007., EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook, Part B sectoral guidance chapters, §1.A.3.b



*Fonte: elaborazione META su dati ACI*

Figura 159 - Parco veicoli commerciali regionale, 2019

### 3.15.3 Stima dei consumi di carburante per autotrazione

Assegnando quindi questi coefficienti ai flussi veicolari simulati, è possibile stimare i consumi per ogni arco di rete e, per aggregazione, per comparto di analisi.

Le statistiche così ottenute vengono ulteriormente processate attraverso l'applicazione di alcuni coefficienti correttivi che tengono conto dell'incremento del consumo in ambito urbano (di ogni arco modellizzato è infatti nota la percentuale urbanizzata e nelle classi funzionali più basse).

Questa operazione si rende necessaria dal momento che il modello di traffico assegna ad ogni arco una velocità media giornaliera costante, senza considerare le variazioni riconducibili ai cicli di accelerazione/frenata. Questi ultimi, risultano più frequenti in ambito urbano e sulla viabilità di carattere più locale, dove sono più frequenti interferenze dovute ad esempio a intersezioni, sosta laterale ecc. Ne consegue che pertanto una strada in un contesto extraurbano e di classe elevata (es: primaria) avrà una penalità inferiore rispetto ad una strada locale in un contesto urbanizzato.

Tali valori vengono quindi espansi al mese moltiplicandoli per uno specifico numero di giorni (nello specifico, 29 per i leggeri e 28 per i pesanti), e confrontati con le vendite provinciali di gasolio e benzina per il mese di novembre 2019 (Bollettino petrolifero MSE). I risultati di questa operazione (Figura 160) evidenziano una buona correlazione fra consumi e vendite, con l'eccezione delle vendite diesel nella Provincia di Sud Sardegna, dove i consumi risultano essere di molto superiori alle vendite. Questo potrebbe essere attribuibile alla presenza di rilevanti flussi di attraversamento (es: Cagliari-Oristano), per i quali è più probabile effettuare il rifornimento alla partenza o all'arrivo.

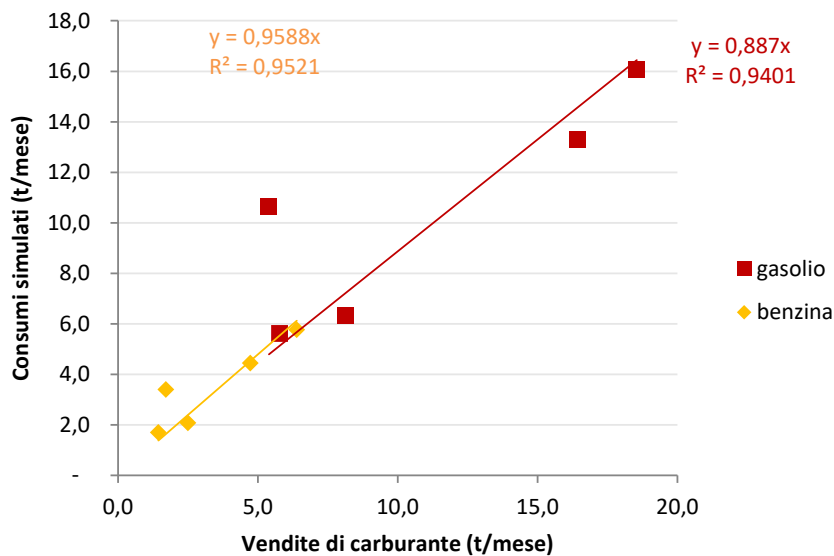


Figura 160 - Confronto consumi simulati e vendite di carburante, Novembre 2019. Fonte: elaborazione META

I risultati di queste operazioni (Tabella 37) evidenziano su un totale di 71.5 ktep consumate nel mese di riferimento, 18.4 siano riconducibile alla benzina, e il restante 53.07 al gasolio. Mentre i consumi di benzina sono quasi esclusivamente attribuibili ai veicoli leggeri, quelli di gasolio si distribuiscono fra leggeri (46.42) e pesanti (6.62).

Con riferimento invece alle categorie stradali (Figura 161), quote di consumo simili risultano sulla rete principale (26%), locale (24%) e complementare (22%), mentre meno rilevante il ruolo della rete secondaria (16%) e delle emissioni extra-rete (intrazonali e ingresso/egresso, pari al 10% circa).

Consumi giornalieri per categoria stradale

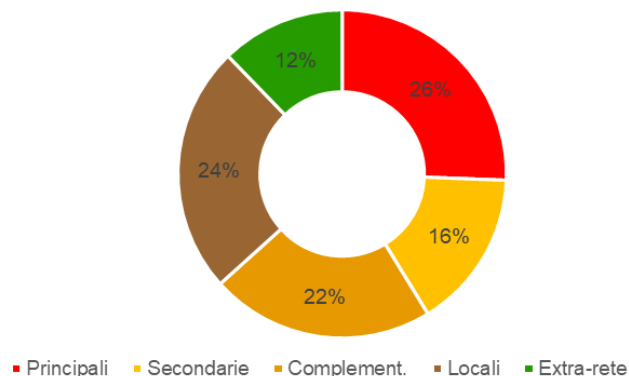


Figura 161 - Distribuzione dei consumi di carburante per classe stradale. Fonte: elaborazione META

	CONSUMI DEI VEICOLI LEGGERI				CONSUMI DEI VEICOLI PESANTI				TOTALE CONSUMI							
	BENZINA (kep/mese)				BENZINA (kep/mese)				BENZINA (kep/mese)							
	CA	SU	OR	SS	TOT	CA	SU	OR	SS	TOT	CA	SU	OR	SS	TOT	
Principali	1,04	0,75	0,58	0,55	1,19	4,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,05	0,75	0,58	0,56	1,19
Secondarie	1,10	0,86	0,11	0,44	0,64	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,86	0,11	0,44	0,64
Complement.	1,22	0,92	0,43	0,41	1,25	4,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	0,92	0,43	0,41	1,25
Locali	1,27	0,95	0,37	0,57	1,63	4,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	0,95	0,37	0,57	1,63
Intrazonali+VE	1,48	0,42	0,31	0,22	0,00	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	0,42	0,31	0,22	0,00
<b>TOT</b>	<b>6,11</b>	<b>3,60</b>	<b>1,79</b>	<b>2,20</b>	<b>4,71</b>	<b>18,41</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>6,11</b>	<b>3,60</b>	<b>1,80</b>	<b>2,20</b>	<b>4,72</b>
Vendite (MSE)	6,77	1,81	1,52	2,64	5,01	17,76	-9,7%	98,9%	17,9%	-16,9%	-5,8%	3,8%				
diff %																

	GASOLIO (kep/mese)				GASOLIO (kep/mese)				GASOLIO (kep/mese)							
	CA	SU	OR	SS	TOT	CA	SU	OR	SS	TOT	CA	SU	OR	SS	TOT	
Principali	2,68	1,94	1,49	1,42	3,03	10,55	0,34	0,68	0,95	0,61	3,64	3,02	2,62	2,43	2,04	4,08
Secondarie	2,78	1,43	0,27	1,12	1,65	7,24	0,34	0,33	0,04	0,14	1,09	3,12	1,76	0,31	1,28	1,89
Complement.	3,03	2,35	1,10	1,06	3,19	10,72	0,10	0,34	0,07	0,06	0,24	3,13	2,69	1,18	1,11	3,43
Locali	3,14	2,42	0,94	1,45	4,03	11,98	0,18	0,25	0,05	0,05	0,17	3,32	2,66	1,00	1,50	4,20
Intrazonali+VE	3,66	1,07	0,79	0,56	-0,12	5,95	0,16	0,08	0,03	0,01	0,10	3,82	1,15	0,81	0,56	-0,02
<b>TOT</b>	<b>15,28</b>	<b>9,20</b>	<b>4,59</b>	<b>5,60</b>	<b>11,77</b>	<b>46,45</b>	<b>1,12</b>	<b>1,68</b>	<b>1,14</b>	<b>0,87</b>	<b>1,81</b>	<b>16,40</b>	<b>10,87</b>	<b>5,73</b>	<b>6,47</b>	<b>13,58</b>
Vendite (MSE)	18,91	5,50	5,89	8,32	16,75	55,38	-13,3%	97,6%	-2,7%	-22,1%	-18,9%	-4,2%				
diff %																

	TOTALE (kep/mese)				TOTALE (kep/mese)				TOTALE (kep/mese)							
	CA	SU	OR	SS	TOT	CA	SU	OR	SS	TOT	CA	SU	OR	SS	TOT	
Principali	3,7	2,7	2,1	2,0	4,2	14,7	0,3	0,7	1,0	0,6	1,1	4,1	3,4	3,0	2,6	5,3
Secondarie	3,9	2,0	0,4	1,6	2,3	10,1	0,3	0,3	0,0	0,1	0,2	4,2	2,3	0,4	1,7	2,5
Complement.	4,3	3,3	1,5	1,5	4,4	15,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	4,4	3,6	1,6	1,5	4,7
Locali	4,4	3,4	1,3	2,0	5,7	16,8	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	4,6	3,6	1,4	2,1	5,8
Intrazonali+VE	5,1	1,5	1,1	0,8	-	8,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	5,3	1,6	1,1	0,8	-
<b>TOT</b>	<b>21,39</b>	<b>12,80</b>	<b>6,38</b>	<b>7,80</b>	<b>16,48</b>	<b>64,86</b>	<b>1,12</b>	<b>1,68</b>	<b>1,15</b>	<b>0,87</b>	<b>1,82</b>	<b>22,52</b>	<b>14,48</b>	<b>7,53</b>	<b>8,67</b>	<b>18,30</b>
Vendite (MSE)	25,7	7,3	7,4	11,0	21,8	73,1	-12,3%	97,9%	1,5%	-20,9%	-15,9%	-2,2%				
diff %																

Fonte: elaborazione META

Tabella 37 - Consumi per carburante (benzina e diesel) e tipologia di veicolo (leggeri, pesanti, totale)

Dopo aver ricondotto il dato giornaliero al mese di riferimento, e calibrato come illustrato il modulo ambientale grazie al confronto col Bollettino Petrolifero, è possibile calcolare i consumi annui. In particolare, il mese di riferimento viene espanso con opportuni coefficienti (Tabella 38) calcolati sulla base dell'andamento mensile delle vendite del 2019 (Figura 162).

COEFFICIENTI DI ESPANSIONE RIEPILOGO		
	LEGGERI	PESANTI
G	0,979	1,000
F	0,908	1,000
M	1,000	1,000
A	1,050	1,000
M	1,158	1,000
G	1,268	1,050
L	1,455	1,100
A	1,660	1,100
S	1,223	1,050
O	1,017	1,000
N	1,000	1,000
D	1,017	1,000
<b>TOT</b>	<b>13,735</b>	<b>12,300</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 38 - Coefficienti di espansione dei consumi (mese > anno)

Questi coefficienti sono stati plafonati nel caso dei veicoli pesanti, per i quali si presuppone una minore incidenza della stagione turistica rispetto ai leggeri. Di conseguenza, il mese di riferimento è stato espanso di 13.7 per quanto riguarda i leggeri, e di 12.3 per quanto riguarda i pesanti.

Tale stima dei consumi annuali viene quindi integrata con i consumi attribuibili alla rete dei bus urbani ed extraurbani. Non essendo la rete bus una delle componenti di domanda utilizzate nel modello di traffico, questa stima è stata effettuata parametricamente.

In particolare, Il *Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti 2017-2018* riporta per la Regione Sardegna un totale di 1.502 autobus (536 urbani e 966 extraurbani), per una produzione pari a 66.2 milioni di autobus-km/anno (22.2 urbani e 43.9 extraurbani).

Ipotizzando quindi una velocità media in ambito urbano di 15 km/h, e in ambito extraurbano di 30 km/h, sulla base delle funzioni di consumo dei riportate nell'*air pollutant emission inventory guidebook (European Environmental Agency)*, sono stati calcolati dei coefficienti di consumo unitari pari a 409 e 308 g/km, rispettivamente in ambito urbano ed extraurbano.

Moltiplicando infine la produzione chilometrica annua con i due coefficienti, si ottiene un consumo totale della rete autobus complessiva di 23 ktep/anno.

Ne risulta una stima complessiva di 1.010 ktep/anno consumati in Sardegna a fronte delle 1'009 riportate dal Bollettino Petrolifero. Per quanto riguarda i consumi di benzina, questi risultano sottostimati del 2.3%, mentre quelli di gasolio sono sovrastimati dello 0.8%.

CONFRONTO VENDITE/CONSUMI ANNUI				
	Benzina	Diesel	GPL	
	kt/anno			ktep/anno
CONSUMI	239	728	13	<b>1010</b>
VENDITE	244	722	13	<b>1009</b>
Differenza %	-2,3%	0,8%	0,0%	<b>0,0%</b>

Tabella 39 - Confronto consumi simulati e vendite di carburante, 2019. Fonte: elaborazione META

Il 90% dei consumi (905 ktep/anno) è quindi attribuibile ai veicoli leggeri, l'8% (81 ktep/anno) ai veicoli commerciali pesanti e il 2% (23 ktep/anno) alla rete del trasporto pubblico locale su gomma. In particolare, la quasi totalità dei consumi di benzina è attribuibile ai veicoli leggeri (253 ktep/anno), mentre quelli di gasolio si dividono fra leggeri (638 ktep/anno) e pesanti e autobus (104 ktep/anno).

RIPARTIZIONE CONSUMI				
	Benzina	Diesel	GPL	
	ktep/anno			
LEGGERI	253	638	14,5	<b>905</b>
PESANTI	0	81		<b>82</b>
BUS		23		<b>23</b>
TOTALE	<b>253</b>	<b>719</b>	<b>14,5</b>	<b>1010</b>

Tabella 40 - Confronto consumi simulati e vendite di carburante, 2019. Fonte: elaborazione META

### 3.16 Analisi del potenziale di penetrazione del GNL nel parco autocarri circolante

#### 3.16.1 Analisi del *turnover* del parco veicolare circolante

La stima del potenziale di penetrazione del GNL nel parco autocarri circolante è strettamente legata, innanzi tutto, alle dinamiche di ricambio del parco stesso: ciò in quanto, allo stato attuale delle tecnologie disponibili, l'adozione del nuovo carburante risulta connessa non tanto al retrofit di veicoli esistenti, quanto all'acquisto di veicoli nuovi di fabbrica.

I dati ACI evidenziano che, tra il 2010 e il 2019, il parco autocarri immatricolato in Sardegna è cresciuto da circa 140 a oltre 160 mila unità (+16%), rappresentate però in larga misura da furgoni (veicoli con peso lordo totale minore o uguale a 3,5 t), che costituiscono anche la categoria caratterizzata dal maggior incremento nel periodo. Per contro, il parco degli autocarri propriamente detti è *diminuito* di circa 2 mila unità (-12%) mentre quello delle motrici per semirimorchi, dopo una flessione non trascurabile (-11%) tra il 2010 e il 2014, ha recuperato nel 2019, e anzi leggermente oltrepassato (+2%) i valori iniziali.

A tali valori si può aggiungere poi il numero degli autobus, che nel periodo in esame è restato sempre compreso fra le 3.200 e le 3.500 unità.

Anno	Consistenza				
	furgoni	autocarri	motrici	Totale	autobus
2010	117.562	18.279	4.787	<b>140.628</b>	3.275
2011	120.704	18.040	4.749	<b>143.493</b>	3.399
2012	122.544	17.686	4.562	<b>144.792</b>	3.330
2013	124.394	16.591	4.328	<b>145.313</b>	3.264
2014	125.997	16.318	4.257	<b>146.572</b>	3.232
2015	128.288	16.192	4.299	<b>148.779</b>	3.226
2016	131.599	16.129	4.427	<b>152.155</b>	3.254
2017	134.912	16.102	4.599	<b>155.613</b>	3.343
2018	138.295	16.149	4.791	<b>159.235</b>	3.371
2019	141.971	16.234	4.876	<b>163.081</b>	3.474

Tabella 41 - Sardegna: consistenza del parco autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: ACI

Prendendo in esame la serie storica delle immatricolazioni, è immediato riscontrare una più spiccata variabilità temporale, comprensibile alla luce del fatto che essa restituisce un dato annuale molto più soggetto a fluttuazioni congiunturali, di quanto non possa accadere con il valore cumulato dei veicoli circolanti.

Ne consegue, in particolare, una sensibile oscillazione dei tassi di ricambio del parco, calcolati come rapporto fra prime iscrizioni e consistenza: tali tassi variano infatti tra l'1.1% e il 2.7% nel caso dei furgoni, tra lo 0.2% e lo 0.6% nel caso degli autocarri, e tra lo 0.5% e il 4.6% nel caso delle motrici per semirimorchi. Ancora maggiore risulta la variabilità riscontrabile nel caso degli autobus (la cui consistenza è fortemente influenzata dalla presenza di flotte aziendali di grande dimensione), con tassi minimi pari allo 0.5%, e massimi superiori al 10%.

Anno	Prime iscrizioni				
	furgoni	autocarri	motrici	Totale	autobus
2010	3.127	100	38	<b>3.265</b>	333
2011	2.412	67	24	<b>2.503</b>	188
2012	1.529	37	35	<b>1.601</b>	85
2013	1.361	29	90	<b>1.480</b>	39
2014	1.594	41	102	<b>1.737</b>	36
2015	1.968	48	118	<b>2.134</b>	16
2016	2.599	70	175	<b>2.844</b>	32
2017	2.527	80	211	<b>2.818</b>	76
2018	2.473	98	221	<b>2.792</b>	26
2019	2.461	105	123	<b>2.689</b>	147

Tabella 42 - Sardegna: prime iscrizioni di autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: ACI



Anno	Tasso di ricambio				
	furgoni	autocarri	motrici	Totale	autobus
2010	2,7%	0,5%	0,8%	<b>2,3%</b>	10,2%
2011	2,0%	0,4%	0,5%	<b>1,7%</b>	5,5%
2012	1,2%	0,2%	0,8%	<b>1,1%</b>	2,6%
2013	1,1%	0,2%	2,1%	<b>1,0%</b>	1,2%
2014	1,3%	0,3%	2,4%	<b>1,2%</b>	1,1%
2015	1,5%	0,3%	2,7%	<b>1,4%</b>	0,5%
2016	2,0%	0,4%	4,0%	<b>1,9%</b>	1,0%
2017	1,9%	0,5%	4,6%	<b>1,8%</b>	2,3%
2018	1,8%	0,6%	4,6%	<b>1,8%</b>	0,8%
2019	1,7%	0,6%	2,5%	<b>1,6%</b>	4,2%

Tabella 43 - Sardegna: tassi di ricambio del parco autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: elaborazione META su dati ACI

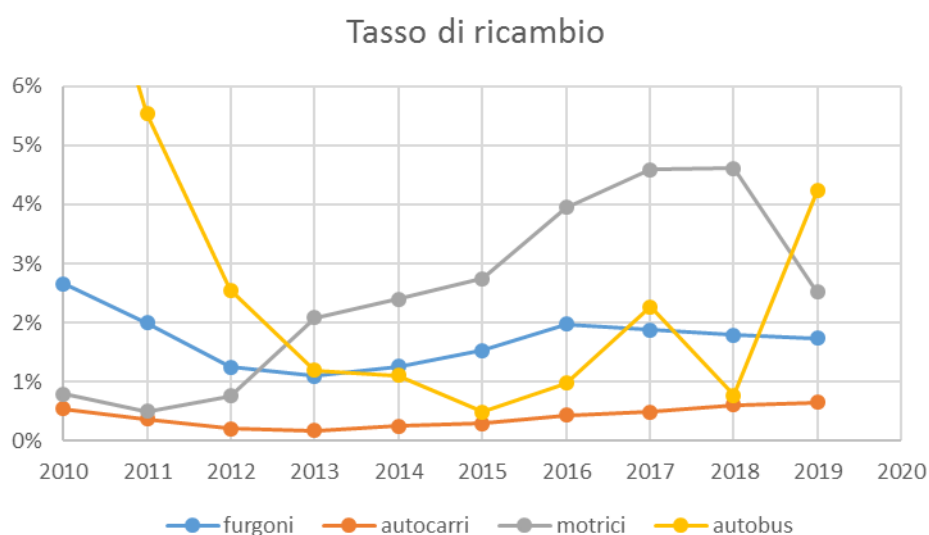


Figura 162 - Sardegna: tassi di ricambio del parco autocarri e autobus, 2010-2019. Fonte: elaborazione META su dati ACI

Nel caso degli autocarri, è importante osservare come la netta differenziazione tra i tassi di ricambio che caratterizzano i diversi segmenti di portata tendano ad accrescere sempre più la forte polarizzazione già esistente tra un parco molto leggero (furgoni) e uno molto pesante (motrici per semirimorchi), a discapito dei veicoli di peso intermedio (autocarri). Ciò rispecchia la tendenza in atto alla terziarizzazione delle catene logistiche, sempre più riconducibili a cicli complessi, formati da fasi di raccolta/distribuzione, effettuate con mezzi di piccola dimensione, e fasi di trasferimento in linea, effettuate con autoarticolati.

### 3.16.2 Stima del potenziale di penetrazione del GNL

Viste le considerazioni sviluppate nel precedente paragrafo, il tasso di ricambio del parco veicolare circolante pone di fatto un limite superiore ai livelli di penetrazione del GNL nel settore dell'autotrasporto merci.

Una stima ottimistica del potenziale può dunque derivare dall'assunzione, per l'intero periodo 2020-2030, del tasso di ricambio massimo riscontrato nel decennio precedente, che ammonta al 4.6% per le motrici e allo 0.6% per gli autocarri.

A tali valori occorre poi aggiungere una stima dell'incidenza dei veicoli alimentati a GNL sul totale delle prime iscrizioni. Tenuto conto dei differenziali nei costi d'acquisizione e d'esercizio, e della necessità di predisporre una adeguata rete distributiva a livello regionale, sembra difficile assumere in questo caso una quota superiore al 40% del totale.

Il risultato ottenuto sulla base di queste ipotesi è riportato nella tabella seguente: come si osserva, l'incidenza dei veicoli alimentati a GNL sul totale del parco circolante nel 2025 e nel 2030 raggiunge rispettivamente il 9÷18% nel caso delle automotrici per semirimorchi, e soltanto l'1.3÷2.6% nel caso degli autocarri.

	autocarri	motrici	autobus
<b><i>tasso ricambio</i></b>			
max	0,6%	4,6%	10,2%
min	0,2%	0,5%	0,5%
<b><i>incidenza GNL su nuovo (media 2020-30)</i></b>			
max	40%	40%	40%
min	20%	20%	20%
<b><i>% del parco GNL al 2025</i></b>			
max	1,3%	9,2%	20,3%
min	0,2%	0,5%	0,5%
<b><i>% del parco GNL al 2030</i></b>			
max	2,6%	18,5%	40,7%
min	0,4%	1,0%	1,0%

Tabella 44 - Sardegna: stima incidenza percentuale veicoli alimentati a GNL, 2025-2030. Fonte: elaborazione META su dati ACI

Il forte differenziale fra i tassi potenziali di penetrazione del GNL nel parco autocarri ed autoarticolati rende necessaria una stima dell'incidenza delle due categorie di veicoli sui volumi di traffico pesante complessivi (293 milioni di vkm/anno), e sui corrispondenti consumi energetici (81.7 ktep/anno).

Rapportando il volume di traffico pesante annuo stimato sulla rete al totale dei veicoli commerciali pesanti circolanti (21.110 unità tra autocarri e autoarticolati) si ottiene un valore

pari a soli 13.900 km/veicolo/annuo. Si tratta di un valore molto limitato – paragonabile a quello che contraddistingue i veicoli leggeri circolanti nell'isola – che può essere forse spiegato in base a due fattori concomitanti:

- la presenza all'interno del parco di veicoli molto anziani, probabilmente soggetti e percorrenze medie annue molto limitate
- l'esistenza di flussi pesanti interregionali, tali da trasferire al Continente parte del chilometraggio effettuato dai mezzi adibiti a spostamenti di medio-lungo raggio.

Assumendo percorrenze medie annue pari a 30.000 km per gli autoarticolati, e a 9.000 km per gli autocarri, è possibile ipotizzare che il volume di traffico complessivo si ripartisca in misura all'incirca paritetica fra le due categorie.

Ciò consente di ponderare le percorrenze attese dei veicoli alimentati a GNL, nell'ipotesi che i loro chilometraggi annui risultino pari al doppio della media degli altri veicoli<sup>42</sup>: il risultato, riportato nella tabella seguente, corrisponde a un volume di circa 61 milioni di vkm/anno, di cui 54 afferenti a movimenti di autoarticolati, e i restanti 7 a movimenti di autocarri. Tali valori corrispondono, tenendo conto dei diversi consumi unitari che caratterizzano le due categorie, ad un consumo di GNL dell'ordine dei 21.6 ktep/anno, pari al 26.3% del totale afferente al traffico di veicoli commerciali pesanti.

	Autocarri	Articolati	Totale
Consistenza	16 234	4 876	<b>21 110</b>
km/veicolo/anno	9 094	30 000	<b>13 923</b>
Mvkm/anno	147.63	146.28	<b>293.91</b>
% veicoli a GNL al 2030	2.6%	18.5%	<b>6.3%</b>
Consistenza	422	900	<b>1 321</b>
km/veicolo GNL/anno	18 188	60 000	<b>46 659</b>
Mvkm GNL/anno	7.67	53.98	<b>61.65</b>
% percorrenza GNL al 2030	5.2%	36.9%	<b>12.5%</b>
Consumi GNL (ktep)	1.4	20.1	<b>21.6</b>
% consumi GNL al 2030	5.2%	36.9%	<b>26.3%</b>

Fonte: elaborazione META su dati ACI, MSE

Tabella 45 - Sardegna: stima consumi di GNL da traffico commerciale pesante, 2030

<sup>42</sup> L'ipotesi è giustificata dal fatto che l'acquisto di veicoli "nuovi di fabbrica" dovrebbe concentrarsi sui segmenti del parco circolante a più elevato tasso di ricambio, e dunque a maggior livello di utilizzo medio annuo dei veicoli.

### 3.17 Ipotesi sulla rete distributiva

Un ultimo elemento di interesse, conseguente alla stima del potenziale complessivo di consumo di GNL da parte del traffico commerciale pesante, riguarda la struttura della relativa rete distributiva, che deve ovviamente risultare coerente con il quadro delle ipotesi sinora adottate.

L'attuale struttura della rete distributiva, illustrata nella cartografia riportata nella pagina seguente, può contare su circa 700 punti di vendita, concentrati essenzialmente nelle aree urbane e lungo le principali arterie stradali, ma comunque presenti in modo diffuso in tutto il territorio regionale.

D'altro canto, una stima sommaria dei livelli di profittabilità dell'installazione di un erogatore di GNL conduce ad una soglia minima dell'ordine dei 3 ktep/anno, valore che rimanda a un numero massimo di punti di vendita, finalizzati al trasporto commerciale pesante, pari a:

$$21,6 \text{ ktep} : 3 \text{ ktep/punto vendita} = 7,2 \text{ punti vendita}$$

corrispondente all'1% circa dei punti vendita esistenti.

La sproporzione così ottenuta rispecchia due fattori importanti:

- da un lato, la finalizzazione al solo traffico commerciale pesante, che conduce ad escludere la totalità dei punti rete urbani, che costituiscono una quota consistente del totale
- dall'altro, la forte concentrazione del medesimo traffico commerciale pesante su un insieme ridotto di arterie principali, che tende di fatto a determinare, a parità di ogni altro fattore, condizioni di non profittabilità per l'installazione di punti vendita GNL in importanti porzioni dell'isola (quali ad esempio l'Ogliastra).

Assumendo come valore di riferimento una numerosità di 4/6 punti vendita sull'intera isola, in prima approssimazione sembra possibile identificare, quali aree essenziali per la strutturazione di una rete adeguata, le seguenti:

- accesso Cagliari lungo la SS131
- area di Oristano
- area di Sassari/Porto Torres
- area di Olbia/Golfo Aranci.

A tali aree possono eventualmente aggiungersi, come ulteriori ambiti di attenzione, l'area di Nuoro lungo la SS131dcn, quella di Macomer-Ghilarza lungo la SS131, e quella di Carbonia-Iglesias lungo la SS126 o la SS130.



Fonte: elaborazioni Meta  
 Figura 72 - Sardegna: rete distributori carburante

### 3.17.1 Configurazione della rete distributiva GNL in territorio sardo

Dal punto di vista della sua configurazione spaziale, la rete distributiva GNL della Regione Sardegna può essere descritta attraverso:

- un insieme di **località di origine**, corrispondenti in sostanza ai **porti di sbarco**;
- un insieme di **località di destinazione**, corrispondenti ai **punti-rete** di vendita od utilizzo finale del prodotto, da ricondurre in pratica a singoli **impianti industriali**, a **depositi locali** rivolti alle utenze civili/terziarie, ovvero a **stazioni di servizio** finalizzate alla vendita di carburanti per autotrazione.

E' opportuno evidenziare che, per loro stessa natura, il numero delle località di origine è destinato a risultare strutturalmente inferiore a quello delle località di destinazione. Ne risulta una matrice di incidenza rettangolare caratterizzata dalla prevalenza del numero di colonne sul numero di righe, a ciascuna delle quali potrà essere fatto corrispondere un problema di tipo SOMD (*Single Origin to Multiple Destination*), mentre l'insieme della matrice stessa rimanderà ad un problema di tipo MOMD (*Multiple Origin to Multiple Destination*) [Liu 2017].

#### PORTI DI SBARCO

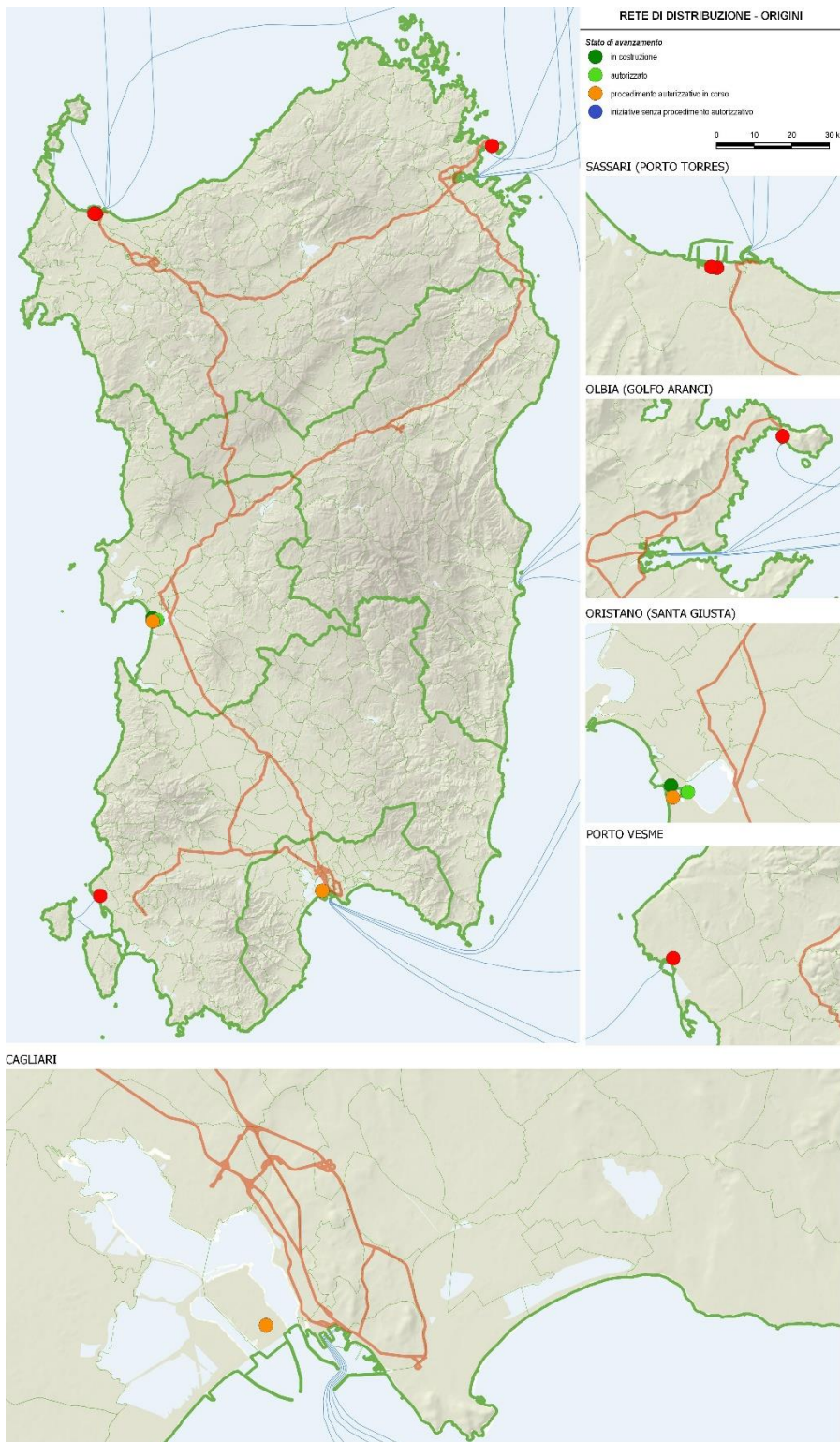
Allo stato attuale di sviluppo degli studi relativi al possibile impiego del GNL in Sardegna, l'unico porto caratterizzato da concrete prospettive di attuazione a breve delle infrastrutture necessarie allo sbarco di GNL è quello di **Oristano Santa Giusta**, dove un primo deposito è in costruzione, un secondo ha concluso l'iter autorizzativo mentre un terzo è in corso di autorizzazione.

In prospettiva, le caratteristiche stesse del sistema logistico dell'isola consentono di ipotizzare l'installazione di analoghi impianti in un numero piuttosto ridotto di altri scali, riconducibili essenzialmente a **Porto Torres** (due iniziative, che non hanno ancora intrapreso il procedimento autorizzativo), **Olbia/Golfo Aranci** (una iniziativa, senza procedimento autorizzativo), **Cagliari** (una iniziativa in corso di autorizzazione) e **Porto Vesme** (una iniziativa, senza procedimento autorizzativo) (Tabella 46).

Stato della procedura autorizzativa	PUNTI DI ORIGINE					TOTALE
	Porto Torres	Olbia	Oristano	Porto Vesme	Cagliari	
in costruzione			1			1
procedura conclusa positivamente			1			1
procedura in corso			1		1	2
iniziativa senza procedura autorizzativa	2	1		1		4
<b>TOTALE</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

Fonte: elaborazione META su dati REF-E

Tabella 46 - Localizzazione dei punti di origine per stato di avanzamento della procedura autorizzativa. La localizzazione di queste località di origine è rappresentata nella Figura 163.



Elaborazione META  
 Figura 163 - Porti di sbarco del GNL

## PUNTI-RETE RIVOLTI AD UTENZE FISSE

Per quanto riguarda i punti-rete, rivolti ad utenze industriali e/o ad utenze fisse di carattere civile o terziario, il presente studio ne acquisisce la posizione, in rapporto alla situazione esistente e/o alle informazioni disponibili sulle potenziali utenze di GNL.

In particolare, lo scenario delle **utenze industriali off-grid** dotate di deposito satellite di GNL rifornito da autocisterne criogeniche ipotizza che la richiesta complessiva per il settore industriale dello scenario “base” al 2030 sia pari a circa 20 kt/a di GNL ripartite tra 20 utenze, con un consumo medio annuo per utenza di circa 1.000 t/a di GNL.

Lo scenario di localizzazione dei consumi complessivi previsti dallo scenario base è stato costruito utilizzando i dati sui consumi industriali forniti dalla Regione Sardegna selezionando quelli riferibili ai settori di attività per i quali in base alle informazioni disponibili è prevedibile lo switching entro il 2030 dall’uso di prodotti petroliferi a quello del gas naturale tramite il downstream del GNL. L’uso dei dati forniti dalla Regione Sardegna ha consentito quindi costruire uno scenario realistico circa gli specifici settori di attività industriale, la localizzazione e i consumi specifici di ogni utenza considerata.

Per quanto riguarda invece lo scenario delle **reti di distribuzione isolate**, si ipotizza che la richiesta complessiva per il settore civile dello scenario “base” al 2030 sia pari a circa 12 kt/a di GNL ripartite tra 43 reti isolate, con un consumo medio annuo per i relativi depositi satellite di circa 280 t/a di GNL.

Lo scenario di localizzazione dei consumi complessivi previsti dallo scenario base per il settore civile nel 2030 è stato costruito utilizzando le informazioni rese disponibili pubblicamente dalla principale società concessionaria delle reti di distribuzione in Sardegna circa i comuni nei quali è prevista l’attivazione del servizio di distribuzione del gas naturale. I consumi attesi delle reti isolate sono stati differenziati in due classi di richiesta basate sulla consistenza demografico/abitativa dei centri in cui è attesa l’attivazione del servizio di distribuzione del gas naturale.

L’uso delle informazioni disponibili ha consentito quindi costruire uno scenario realistico circa, la localizzazione e i consumi specifici delle reti isolate a GNL considerate.

Si ottiene così un totale di **63 punti rete rivolti a utenze fissa**, distribuiti in prevalenza nella provincia di Nuoro (22) e Sassari (19), mentre in quota minore nelle province di Cagliari (9), Oristano (6) e Sud Sardegna (7) (Tabella 47).

	PUNTI RETE PER PROVINCIA					
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	4	4	0	4	8	20
reti distribuzione isolate	15	2	22	3	1	43
<b>Totale Sardegna</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>63</b>

Fonte: elaborazione META su dati REF-E



Tabella 47 - Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia

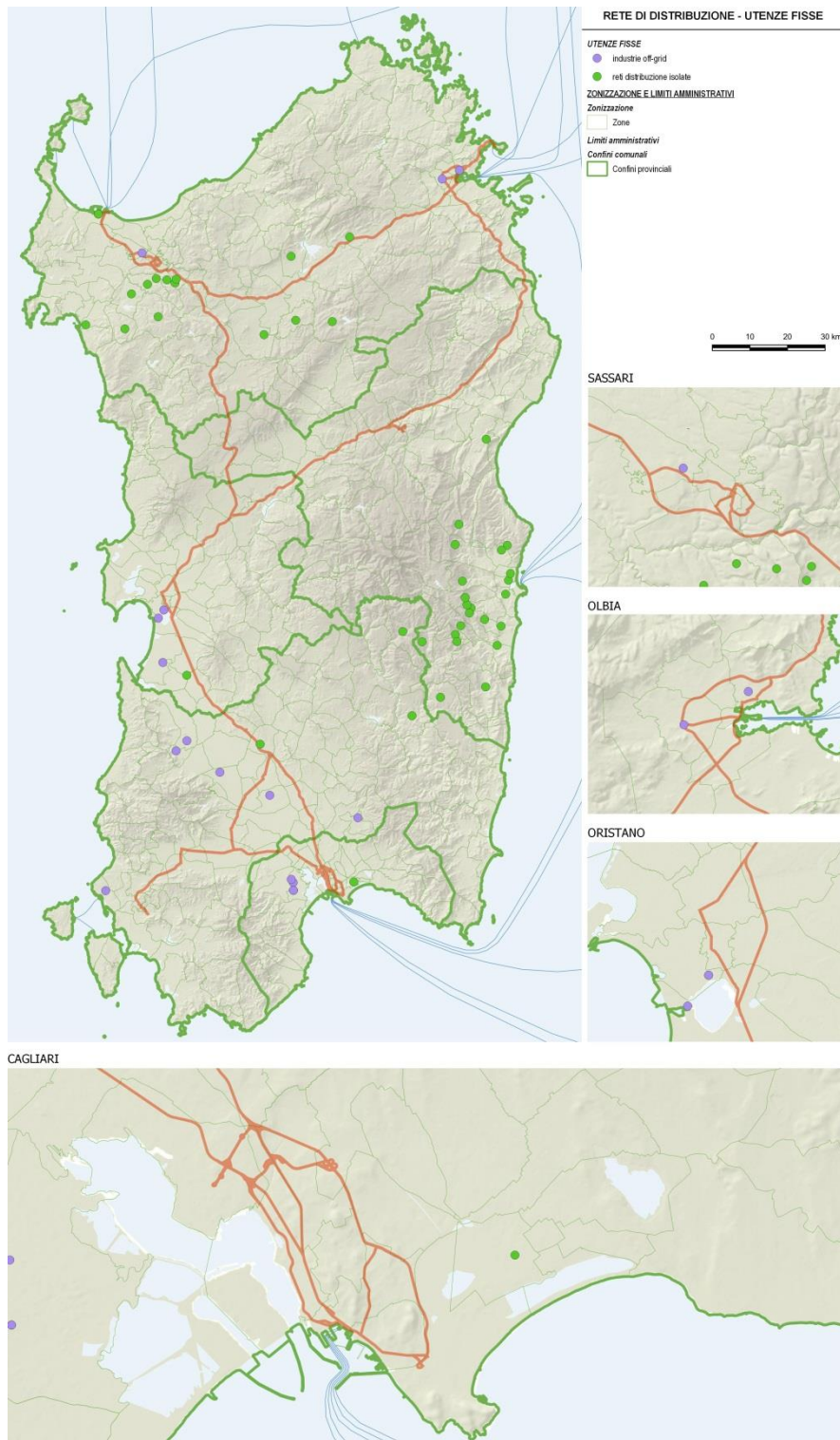
Nell'insieme, si stima una domanda di GNL al 2030 di quasi 32'000 t/anno, prevalentemente concentrate in Sud Sardegna (8'800) e Sassari (8'700), quindi a Cagliari (6'800) ed in modo residuale a Nuoro (4'100) e Oristano (3'500). Risulta naturalmente evidente come le utenze industriali, minori in numero, esprimano una domanda maggiore (quasi 20'000 t/anno) rispetto alle reti di distribuzione isolate (12'000) (Tabella 48).

	DOMANDA DI GNL al 2030 (t/anno)					
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	2.186	3.319	-	8.282	6.185	<b>19.973</b>
reti distribuzione isolate	6.525	188	4.125	563	600	<b>12.000</b>
<b>Totale Sardegna</b>	<b>8.711</b>	<b>3.507</b>	<b>4.125</b>	<b>8.845</b>	<b>6.785</b>	<b>31.973</b>

Fonte: elaborazione META su dati REF-E

Tabella 48 - Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia

La localizzazione di questi punti è indicata nella Figura 164.



Elaborazione META

Figura 164 - Punti-rete destinati ad utenze fisse

## STAZIONI DI SERVIZIO PER VENDITA GNL E L-GNC PER AUTOTRAZIONE

La localizzazione delle stazioni di servizio finalizzate alla vendita di GNL autotrazione viene effettuata sulla base di due principali passaggi metodologici:

- stima di un assetto ottimale, sulla base della stima del potenziale illustrata nel rapporto per lo scenario “base” nel rapporto T3.3.1;
- confronto con le stazioni di servizio la cui entrata in esercizio è già prevista, e definizione dell’assetto risultante.

La stima dell’assetto ottimale viene effettuata rapportando il potenziale complessivamente stimato di 21,6 kt/anno ad una soglia di redditività di 3 kt/anno per ciascuna stazione di servizio, risultando in una rete distributiva per autotrazione di circa 7 punti rete.

Tali punti debbono ragionevolmente essere collocati lungo la rete viaria maggiormente utilizzata dai veicoli pesanti, che nel caso della Regione Sardegna, come evidenziato sempre nel rapporto T3.4, si articola in un numero piuttosto limitato di assi stradali, quali segnatamente i seguenti:

- SS131 “Carlo Felice” (112,4 Mvkm pesanti/anno, pari al 38,1% del totale di rete);
- SS131dcn “Nuorese” (40,4 Mvkm pesanti/anno, pari al 13,6% del totale di rete);
- SS130 “Iglesiente” (9,7 Mvkm pesanti/anno, 3,3% del totale di rete);
- SS597 “di Logudoro” (8,7 Mvkm pesanti/anno, 3,0% del totale di rete);
- SS729 “Sassari-Olbia” (7,5 Mvkm pesanti/anno, 2,6% del totale di rete);
- SS195 “Sulcitana” (7,3 Mvkm pesanti/anno, 2,4% del totale di rete).

Questi soli assi supportano un traffico pari a circa 186 Mvkm pesanti/anno, pari a circa il 63% dei consumi stimato per l’intera Regione Sardegna. Al di fuori di questo reticolo principale, i consumi si distribuiscono come segue:

- Città Metropolitana di Cagliari: 29,3 Mvkm pesanti/anno (9,9% del totale di rete);
- Provincia di Sud Sardegna: 36,4 Mvkm pesanti/anno (12,3%);
- Provincia di Oristano: 7,0 Mvkm pesanti/anno (3,6%);
- Provincia di Nuoro: 10,5 Mvkm pesanti/anno (2,4%);
- Provincia di Sassari: 27,4 Mvkm pesanti/anno (9,2%).

La massima copertura territoriale si ottiene ricercando una collocazione quanto più omogenea dei 7 distributori, che corrisponde anche a criteri di minimizzazione della distanza tra i punti di distribuzione (stazioni di servizio) e quelli di consumo effettivo.

Assumendo una numerosità di 7 punti, si può ipotizzare che ciascuna stazione di servizio includa nella propria area di pertinenza una porzione di rete primaria caratterizzata da un volume di traffico pari a  $296 : 7 = 42,3$  Mvkm pesanti/anno.

In prima approssimazione, tali punti sono stati localizzati lungo gli assi stradali primari sopra elencati, dove si concentra la maggior parte della domanda. Successivamente, per ogni zona:

- è stata estratta la rete stradale di riferimento e, sulla base dei flussi simulati, è stato calcolato il totale di vkm pesanti /anno che la interessano;
- è stato associato l'oggetto punto (stazione di servizio) accessibile col minor costo generalizzato.

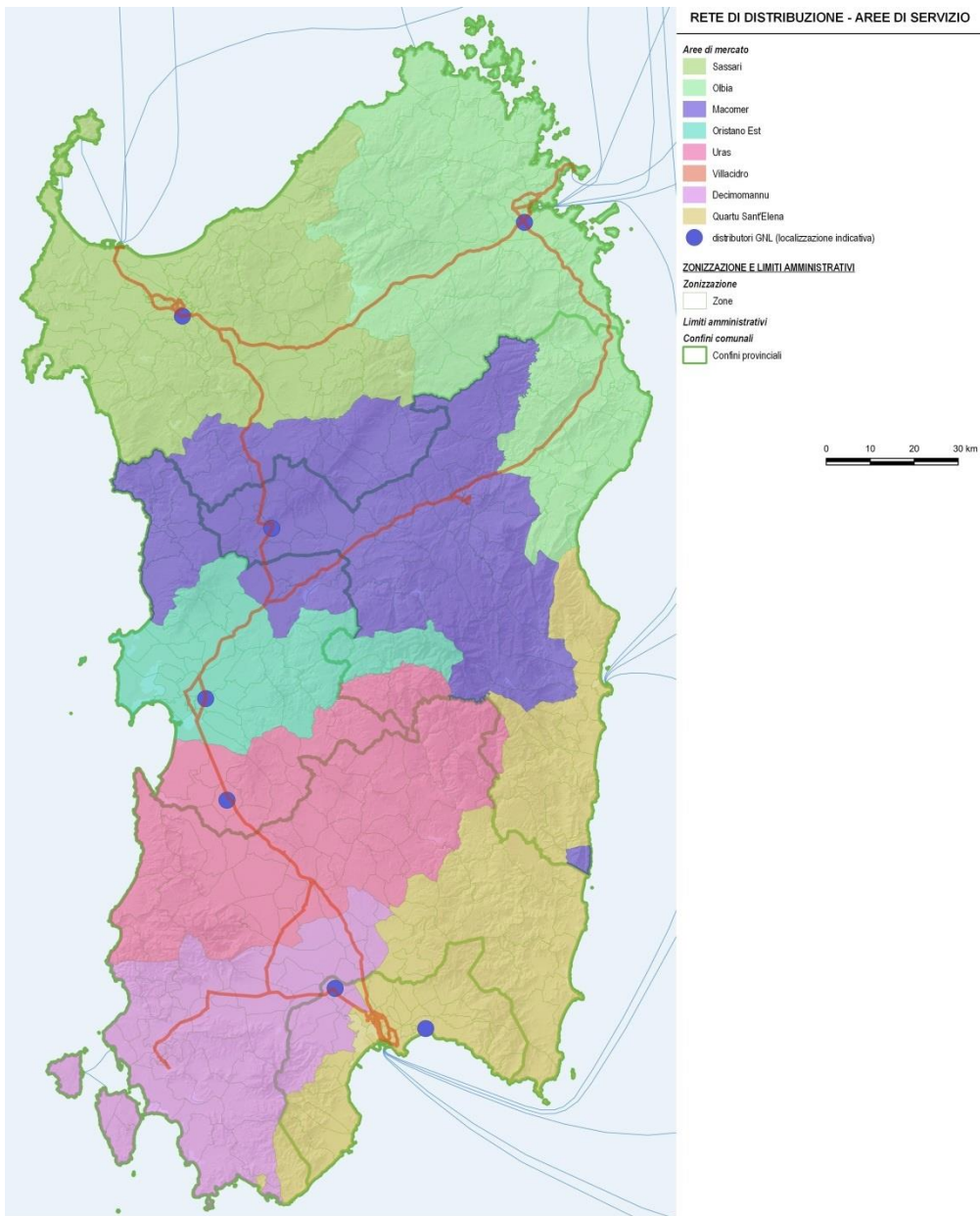
Questo ha consentito di definire, per ogni distributore, non solo la corrispondente area di mercato, ma anche la domanda a essa sottesa, che come si osserva nella tabella seguente, varia tra 28,8 e 49,6 milioni di veicoli-km pesanti/anno (Tabella 49).

<b>N</b>	<b>Localizzazione ipotizzata</b>	<b>Mvkm pesanti/anno</b>
1	Sassari	43,4
2	Olbia	43,3
3	Macomer	45,3
4	Oristano (est)	28,8
5	Uras	49,6
6	Decimomannu	37,6
7	Quartu Sant'Elena	46,0
<b>TOT</b>		<b>294,0</b>

*Fonte: elaborazione META*

Tabella 49 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario teorico

La configurazione delle diverse aree di mercato è indicata in Figura 165.



Elaborazione META

Figura 165 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario teorico

Sotto il profilo metodologico, la procedura di identificazione dei punti-rete di distribuzione del GNL sulla rete stradale, qui effettuata su base empirica, potrebbe essere affinata utilizzando uno specifico algoritmo di partizionamento ottimo del grafo in componenti connesse, per la cui descrizione si rimanda al report T3.6

Questa prima ipotesi deve comunque essere confrontata con l'insieme delle stazioni di servizio già previste sul territorio sardo, costituito da 4 ulteriori localizzazioni, tutte concentrate nel quadrante sud-ovest dell'isola:

- due all'interno del porto di Oristano;
- una nel Comune di Villacidro;
- una nel Comune di Uras.

La necessaria sintesi viene ottenuta adattando l'ipotesi iniziale alle localizzazioni già previste, e in particolare:

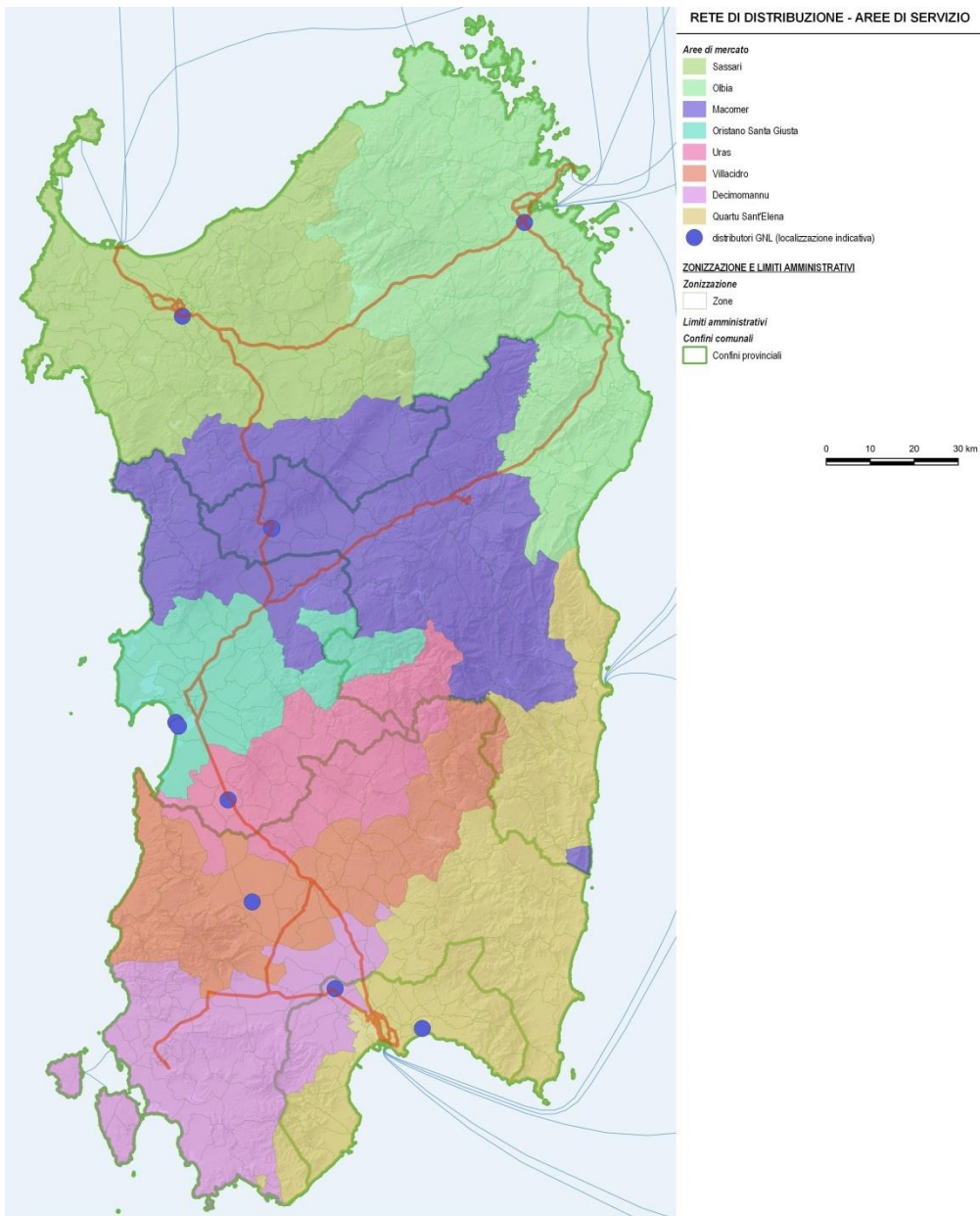
- la stazione di rifornimento ipotizzata ad Est di Oristano viene sostituita da quelle previste all'interno del Porto;
- viene confermata la stazione di Uras;
- viene aggiunta la stazione di Villacidro

Lo scenario risultante si compone pertanto di 9 elementi, di cui 4 già previsti e 5 derivati dall'assetto teorico, che nell'insieme dovrebbero consentire di garantire una copertura del servizio sull'intero territorio regionale (Figura 166). In tale assetto, le stazioni di Oristano, Uras e Villacidro risultano penalizzate dalla forte vicinanza reciproca, con aree di mercato sempre inferiori ai 30 mvkm pesanti /anno (Tabella 50/Tabella 46).

N	Localizzazione ipotizzata	Mvkm pesanti/anno
1	Sassari	43,4
2	Olbia	43,3
3	Macomer	45,9
4-5	Oristano (S.Giusta)	28,3
6	Uras	26,0
7	Villacidro	25,3
8	Decimomannu	35,8
9	Quartu Sant'Elena	46,0
<b>TOT</b>		<b>294,0</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 50 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – soluzione pratica



Elaborazione META

Figura 166 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – soluzione pratica

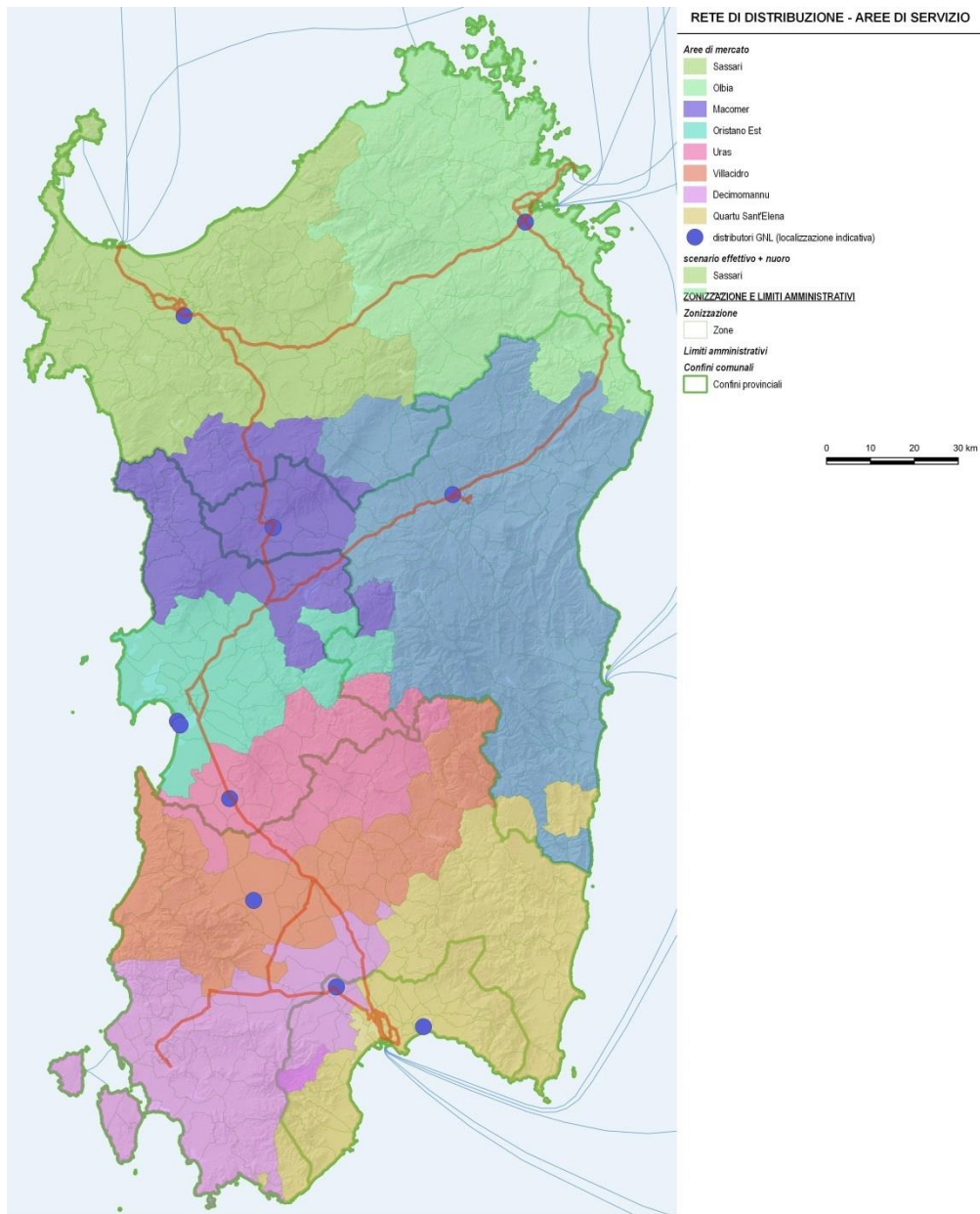
Ulteriori stazioni sono ipotizzabili al fine di ridurre le distanze medie dalla stazione più vicina. In particolare, un ulteriore punto di rifornimento a Nuoro potrebbe portare a una maggiore solidità della rete nel settore nord-est dell'isola. In quest'ultima ipotesi, si ha una riduzione delle aree di mercato di Olbia (33,8 Mvkm pesanti/ anno) e Macomer (28,8), ed in misura minore di Quartu Sant'Elena (42,6) (Tabella 51 e Figura 167).

<b>N</b>	<b>Localizzazione ipotizzata</b>	<b>Mvkm pesanti/anno</b>
1	Sassari	43,4
2	Olbia	33,8
3	Nuoro	30,0
4	Macomer	28,8
5-6	Oristano (S.Giusta)	28,3
7	Uras	25,9
8	Villacidro	25,3
9	Decimomannu	35,9
10	Quartu Sant'Elena	42,6
<b>TOT</b>		<b>294,0</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 51 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario pratico modificato





Elaborazione META

Figura 167 - Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario pratico modificato

## STIMA DEL NUMERO DI VIAGGI/ANNO

L'insieme delle localizzazioni qui ipotizzate definisce un insieme di 76 punti rete da rifornire tramite GNL e che, stando allo scenario base, si stima esprimano al 2030 una domanda complessiva di 63mila tonnellate di GNL. Di questi, quasi la metà è attribuibile alle stazioni di servizio per autotrazione, un terzo è attribuibile alle industrie *off-grid*, mentre la parte restante viene ripartita fra i 43 punti delle reti di distribuzione isolate e 4 ulteriori punti relativi alle banchine dei porti utilizzate per bunkeraggio *truck-to-ship* (Tabella 52).

Nel caso delle stazioni di servizio, è stato assunto come riferimento lo "scenario pratico" a 9 punti, e la domanda di GNL annua di ogni punto è stata stimata distribuendo il totale annuo regionale proporzionalmente al chilometraggio associato ad ogni distributore.

Il valore di 27'000 tonnellate/anno riferite ai distributori GNL/GNC include sia la richiesta dei mezzi pesanti alimentati a GNL, che quella dei mezzi pesanti e leggeri alimentati a GNC rigassificato (L-GNC) proveniente dai depositi satellite di GNL dei distributori considerati.

Di conseguenza, la richiesta totale di GNL risulta pari a 63 kt.

PUNTI RETE PER PROVINCIA AL 2030						
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	4	4	0	4	8	20
reti distribuzione isolate	15	2	22	3	1	43
distributori GNL/GNC	3	3	1	1	1	9
Porti con banchine utilizzate per Bunkeraggio						
Truck-to-Ship	2	1	0	0	1	4
<b>Totale Sardegna</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>76</b>

DOMANDA DI GNL al 2030 (t/anno)						
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	2.186	3.319	-	8.282	6.185	19.973
reti distribuzione isolate	6.525	188	4.125	563	600	12.000
distributori GNL/GNC	7.962	4.987	4.215	2.323	7.512	27.000
Porti con banchine utilizzate per Bunkeraggio						
Truck-to-Ship	1.000	500	-	-	2.500	4.000
<b>Totale Sardegna</b>	<b>17.673</b>	<b>8.994</b>	<b>8.340</b>	<b>11.168</b>	<b>16.797</b>	<b>62.973</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 52 - Punti rete e Domanda annua di GNL – scenario base

Assumendo come valore di riferimento una portata di 20 t/autocisterna, questo porta ad un totale di circa 3'150 viaggi/anno, escludendo i ritorni a vuoto.

L'insieme delle localizzazioni qui ipotizzate corrisponde, nel caso di sistema distributivo SOMD (*Single Origin – Multiple Destination*) con località di origine nel porto di Oristano, ad un vettore 1 x 76.

Assumendo invece 5 distinte località di origine (Oristano, Porto Torres, Olbia, Cagliari, Porto Vesme) si ottiene una matrice 5 x 76. In questo caso, è possibile ipotizzare che ogni punto-

rete venga servito dalla località di origine collegata dall'itinerario di minor rischio, con riduzione del costo sociale connesso alla circolazione di autocisterne criogeniche lungo la rete stradale sarda. Tale riduzione andrà comunque ponderata con i costi ed i rischi connessi alla realizzazione di più impianti di sbarco.

### 3.18 La sicurezza

L'introduzione del GNL in territorio sardo comporta alcune problematiche relative alla configurazione della rete distributiva e alle modalità del suo approvvigionamento, che si prevede debba essere effettuato a mezzo di autocisterne criogeniche, che effettuano spostamenti da porti di sbarco del gas, ai singoli punti-rete.

Un ovvio requisito di questa rete distributiva consiste nella sua sicurezza, ovvero nel contenimento dei rischi (modesti, ma non del tutto trascurabili) associati alla circolazione delle autocisterne, entro limiti di accettabilità sociale.

A tal fine, risulta opportuno condurre un approfondimento mirato sugli **itinerari di minimo rischio** tra i punti di carico e di scarico del prodotto.

Questo approfondimento può essere condotto mediante il modello di simulazione, già impiegato per ricostruire i flussi di traffico sulla rete, associando a ciascun arco stradale un coefficiente di rischio ottenuto come prodotto fra la probabilità che su di esso si verifichi un sinistro stradale che coinvolga un'autocisterna, e l'entità dei danni potenzialmente associati a tale evento.

$$\text{Coefficiente di rischio} = \text{probabilità del sinistro} \times \text{danno potenziale}$$

La costruzione di un coefficiente di questo genere è stata oggetto, in anni recenti, di numerosi approfondimenti collegati alla gestione dei flussi di merci pericolose sulla rete nazionale (Bonvicini, Leonelli e Spadoni 1998; Leonelli, Bonvicini e Spadoni 2000; Orso Giacone *et al.* 2012; Studer *et al.* 2012; 2018; Borghetti *et al.* 2015; Gandini *et al.* 2015), che sono stati assunti a riferimento del calcolo degli indicatori di rischio.

In particolare, nel seguito dell'analisi si è fatto riferimento al **modello di analisi del rischio DGT (Dangerous Goods Transportation)**, che basa la stima del costo sociale associato ad uno specifico itinerario sull'algoritmo seguente (Studer *et al.* 2012):

$$R_{ij} = \sum_k R_k = \sum_k \left( p_k \times \sum_s \left( p_{k,s} \times \sum_e \left( p_{k,s,e} \times \sum_m \left( F_{k,m} \times E_{k,s,e,m} \times S_m \times (1 - C_{k,s,e,m}) \right) \right) \right) \right)$$

dove:

$R_{ij}$	Rischio cumulato sull'itinerario [€/anno]	
$R_k$	Rischio totale associato al transito sul $k$ -simo arco del grafo [€/anno]	
$p_k$	Probabilità di accadimento di un incidente stradale sull'arco $k$ [veicoli coinvolti/arco/anno]	PROBABILITA' CUMULATA DEGLI EVENTI AVVERSI
$p_{k,s}$	Probabilità che un incidente stradale sull'arco $k$ coinvolga un veicolo adibito al trasporto della sostanza $s$	
$p_{k,s,e}$	Probabilità che un incidente stradale sull'arco $k$ , che coinvolge un veicolo adibito al trasporto della sostanza $s$ , determini un evento avverso di tipo $e$	
$F_{k,m}$	Fattore di presenza del recettore $m$ lungo l'arco $k$	DANNO ASSOCIATO A CIASCUN EVENTO AVVERSO
$E_{k,s,j,m}$	Fattore di esposizione del recettore $m$ lungo l'arco $k$ all'evento avverso $e$ che coinvolge la sostanza $s$	
$S_m$	Suscettibilità del recettore $m$	
$C_{k,s,e,m}$	Resilienza/capacità di recupero del recettore $m$	

Nel caso in esame la sostanza di riferimento è unica (il GNL) e pertanto l'indice  $s$  può essere omissso ottenendo la formulazione:

$$R_{ij} = \sum_k R_k = \sum_i \left( p_k \times \sum_e \left( p_{k,e} \times \sum_m \left( F_{k,m} \times E_{k,e,m} \times S_m \times (1 - C_{k,s,e,m}) \right) \right) \right)$$

Mentre sono mantenuti gli altri indici relativi ai singoli archi del grafo ( $k$ ), alla tipologia di evento avverso ( $e$ ) ed alla presenza, suscettibilità e resilienza del recettore ( $m$ ).

Come parzialmente anticipato nel report T3.4, in prima approssimazione, la costruzione del coefficiente di rischio su ciascun arco è stata ottenuta per mezzo di due serie distinte di dati statistici, riconducibili rispettivamente:

- per quanto riguarda la probabilità cumulata degli eventi avversi, ai livelli di incidentalità riscontrati sulla rete stradale sarda, così come meglio specificato nel capitolo 3.18.1;
- per quanto attiene invece al danno potenzialmente associato a ciascun evento avverso, alla presenza, suscettibilità, e resilienza dei soggetti potenzialmente esposti, identificati negli automobilisti in transito, nelle persone residenti attorno alla strada, nonché negli ambiti sensibili dal punto di vista naturalistico, così come meglio specificato nel capitolo 3.18.6.

Non è invece stato al momento condotto alcun approfondimento relativo alla tipologia di evento incidentale, relativo alla circolazione delle autocisterne criogeniche.

### **3.18.1 Analisi dell'incidentalità sulla rete stradale sarda**

Il coefficiente di rischio si basa, in primo luogo, sui tassi di incidentalità, calcolati a partire dalla probabilità di accadimento dell'incidente in relazione alla tipologia di strada e all'entità del flusso veicolare in essa transitante.

In sintesi, data per assunta la ricostruzione dei volumi di traffico della rete stradale effettuata utilizzando il modello di traffico secondo la metodologia esposta nei paragrafi precedenti, la procedura per il calcolo del coefficiente di rischio per quanto riguarda la ricostruzione del numero di veicoli coinvolti in incidente all'anno passa attraverso le seguenti fasi:

- a) acquisizione dei dati di incidentalità, resi disponibili dall'ISTAT
- b) codifica delle strade sul grafo stradale e confronto tra statistiche degli incidenti e volumi di traffico
- c) ricostruzione per ogni arco stradale del modello del numero di veicoli coinvolti in incidenti all'anno.

### **3.18.2 Acquisizione dei dati di incidentalità**

I dati di incidentalità stradale su cui si basa la presente metodologia provengono dal database ISTAT. I dati, raccolti dall'istituto di statistica mediante rilevazioni mensili su tutto il territorio nazionale, considerano quegli incidenti che hanno causato lesioni alle persone

coinvolte (feriti o morti entro il trentesimo giorno dal sinistro). Non sono considerati, quindi, gli incidenti in cui sono stati rilevati esclusivamente danni a cose<sup>43</sup>.

L'intervallo di tempo scelto è l'ultimo quinquennio disponibile (2014-2018). La scelta di questo intervallo di tempo è stata dettata dalla necessità di avere una base dati sufficientemente ampia per essere statisticamente rilevante.

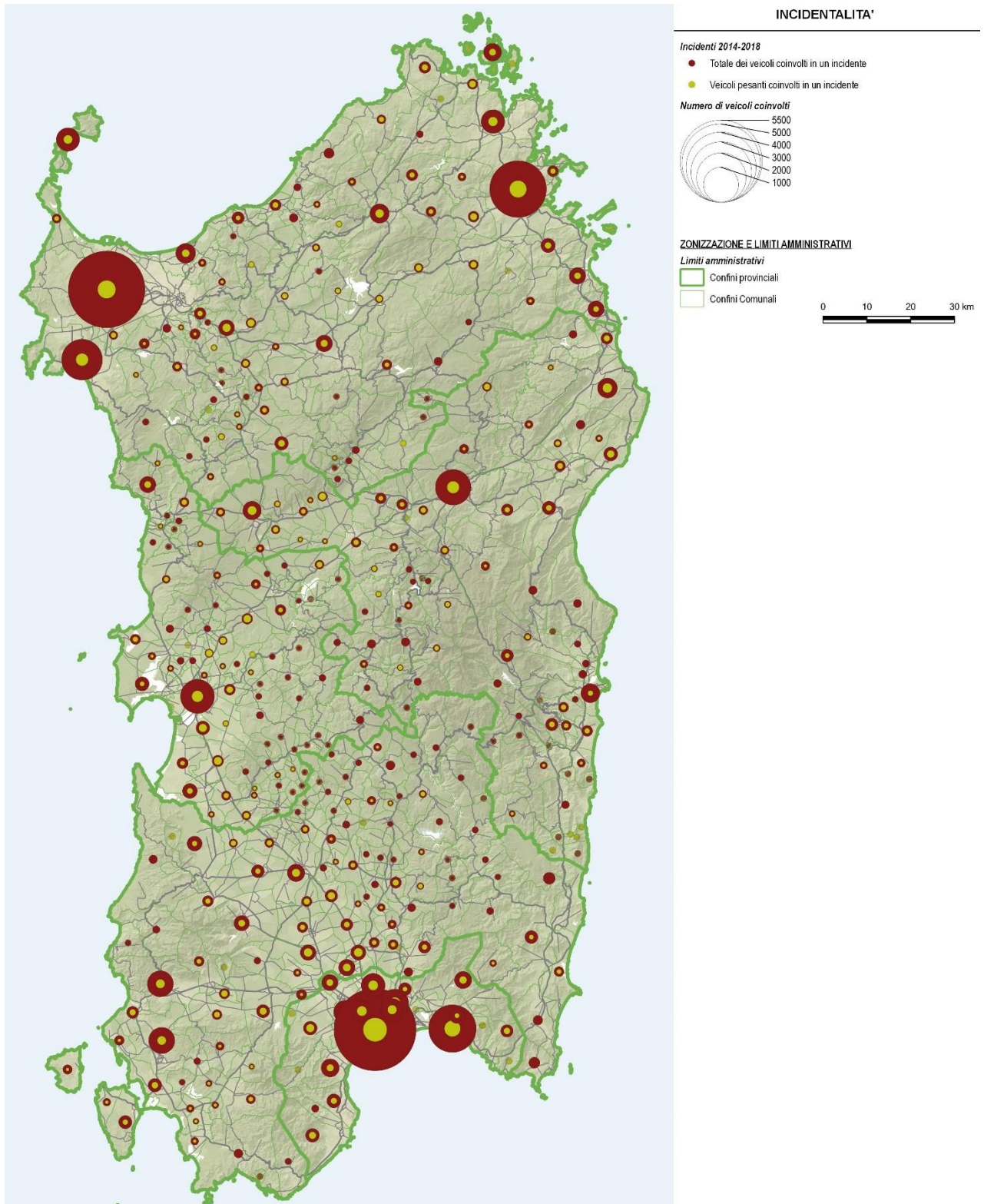
L'analisi dell'incidentalità per il calcolo del coefficiente di rischio è stata elaborata considerando gli incidenti accaduti sulle strade statali della Regione Sardegna. In particolare, la localizzazione dell'incidente sulla rete è stata determinata incrociando il dato riguardante il codice comunale e quello relativo alla sigla della strada statale.

Questa scelta è stata dettata, da un lato, dalla particolare configurazione della rete infrastrutturale regionale soprattutto tenendo conto che la mobilità dei mezzi pesanti, escluso l' "ultimo miglio", avviene principalmente lungo questa tipologia di strade, e dall'altro, dalla qualità stessa del dato ISTAT. Infatti, le informazioni circa la localizzazione del singolo incidente non sono rilasciate in forma di coordinate geografiche bensì sono ricostruibili incrociando i seguenti dati: il codice comunale, la tipologia di strada (statale, urbana, extraurbana, ecc.), la sigla della strada (di cui viene riportata solo la parte numerica), la progressiva chilometrica se presente e la toponomastica (quest'ultima informazione è rilasciata solo fino all'anno 2016 compreso).

A supporto di questa scelta è stata effettuata una prima analisi preliminare che restituisce il quadro dell'incidentalità sul quinquennio considerato. A fronte di un totale di 17.423 incidenti sull'intera rete del territorio regionale nel periodo considerato, 1.366 incidenti si sono verificati con il coinvolgimento di un mezzo pesante (il database ISTAT non fa approfondimenti circa le sottocategorie di mezzi pesanti), nella percentuale del 7,8%. Di questi incidenti 776 si sono verificati su strade di cui il database riporta la sigla (quindi localizzabili) e, in particolare, 523 sono accaduti lungo strade statali. È quindi corretto pensare che l'indagine delle sole strade statali possa ritenersi un buon compromesso per quanto riguarda il rischio di incidentalità, soprattutto se rivolta all'analisi del rischio che concerne i mezzi pesanti, senza essere troppo oneroso in termini di tempi o costi (Figura 168).

---

<sup>43</sup> Si ricorda che l'incidente stradale è "il fatto verificatosi nelle vie o piazze aperte alla circolazione nel quale risultano coinvolti veicoli (o animali) fermi o in movimento e dal quale siano derivate lesioni a persone". ISTAT, Aspetti metodologici dell'indagine. Rilevazione degli incidenti stradali con lesioni a persone.



Elaborazione META

Figura 168 - Localizzazione degli incidenti su base comunale (2014-2018)

### 3.18.3 Codifica delle strade sul grafo

Operazione preliminare fondamentale per una corretta localizzazione degli incidenti sulla rete delle strade statali in Sardegna è consistita nell'identificazione di tutte le strade di interesse e nella conseguente redazione di un'anagrafica di riferimento. Successivamente, ognuna di queste strade è stata codificata sul grafo stradale utilizzato dal modello, rendendo possibile il confronto fra i flussi, derivati dalle simulazioni, con i dati dell'incidentalità, derivati dall'analisi dei dati ISTAT<sup>44</sup> (Figura 169 e Tabella 53).

---

<sup>44</sup> La principale fonte utilizzata per la codifica delle strade statali è il grafo stradale ANAS, riferito al 2015 e disponibile presso <http://dati.mit.gov.it/catalog/dataset/grafico-stradale-anas>



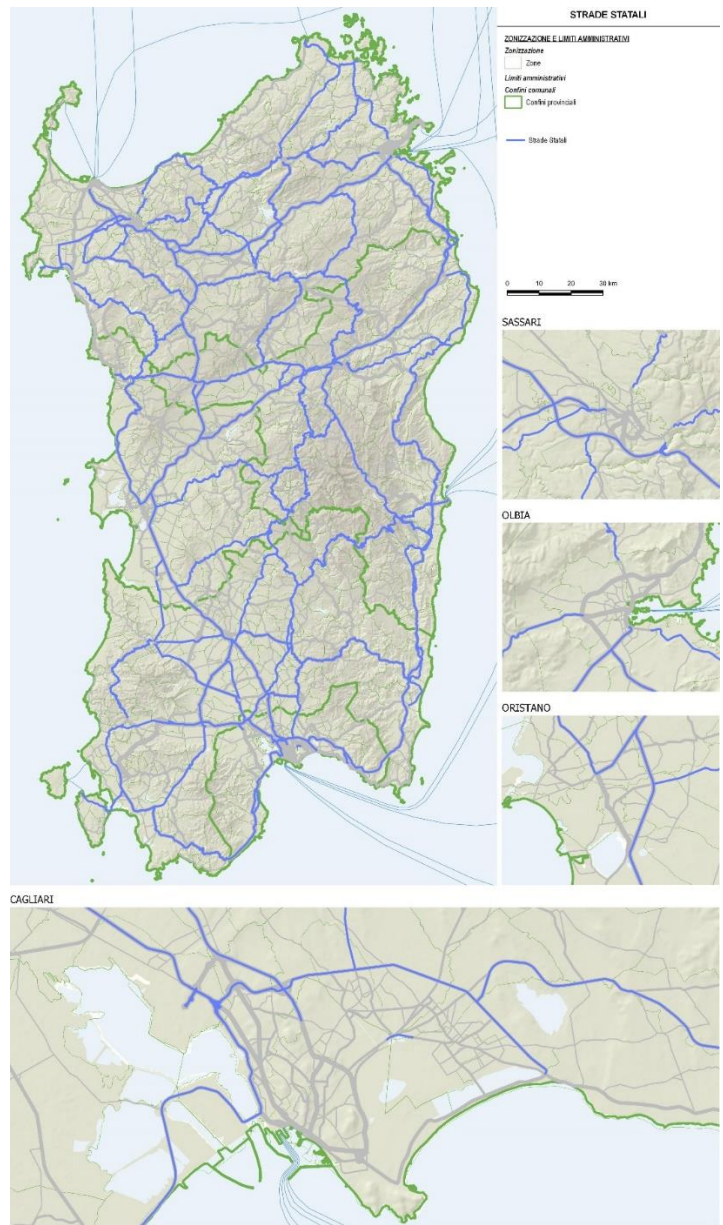


Figura 169 - Distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti

COD	NOME STRADA	Veicoli*km/anno		
		Leggeri	Pesanti	Totali
NSA167	DI ITTIRI	1.935.844	-	1.935.844
SS125	ORIENTALE SARDA	169.694.581	1.198.726	170.893.307
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	184.238.463	3.037.067	187.275.531
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	12.939.580	43.979	12.983.559
SS128bis	CENTRALE SARDA	71.384.879	243.678	71.628.557
SS129	TRASVERSALE SARDA	4.197.357	1.147.850	5.345.208
SS131	CARLO FELICE	627.158.889	45.350.242	672.509.131
SS131bis	CARLO FELICE	27.046.980	-	27.046.980
SS131dir-centr	NUORESE	200.048.594	-	200.048.594
SS132	DI OZIERI	24.439.667	-	24.439.667
SS133	DI PALAU	43.864.502	93.408	43.957.911
SS133bis	DI PALAU	22.170.798	-	22.170.798
SS134	DI CASTEL SARDO	166.972	-	166.972
SS199	DI MONTI	52.203	-	52.203
SS200	DELL'ANGLONA	76.300.946	493.671	76.794.617
SS291	DELLA NURRA	42.531.527	576.092	43.107.619
SS291var	DELLA NURRA	8.894.300	-	8.894.300
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	19.346.555	1.108.068	20.454.624
SS292dir	NORD OCCIDENTALE SARDA	6.801.951	-	6.801.951
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	9.104.141	112.446	9.216.588
SS389dir-a	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	4.590.940	-	4.590.940
SS392	DEL LAGO DEL COGHINAS	15.979.772	-	15.979.772
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	30.899.131	135.042	31.034.173
SS597	DI LOGUDORO	143.839.833	11.834.395	155.674.228
SS672	SASSARI - TEMPIO	59.924.210	2.657.636	62.581.846
SS729	SASSARI - OLBIA	114.514.178	7.505.514	122.019.693
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>1.924.435.160</b>	<b>73.169.452</b>	<b>1.997.604.612</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	27.575.969	658.866	28.234.835
SS128	CENTRALE SARDA	3.528.637	22.814	3.551.451
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	26.068.397	9.899	26.078.296
SS131	CARLO FELICE	570.242.655	45.350.242	615.592.898
SS131dir-centr	NUORESE	90.393.150	-	90.393.150
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	146.619.486	1.108.068	147.727.554
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	65.737.550	94.637	65.832.187
SS442	DI LACONI E DI URAS	25.795.690	-	25.795.690
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>941.475.624</b>	<b>61.730.437</b>	<b>1.003.206.061</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	120.964.313	1.198.726	122.163.039
SS125var	NUOVA SS125	9.790.218	-	9.790.218
SS128	CENTRALE SARDA	93.421.942	22.814	93.444.757
SS129	TRASVERSALE SARDA	169.516.458	1.147.850	170.664.308
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	24.559.468	9.899	24.569.367
SS131	CARLO FELICE	110.894.984	45.350.242	156.245.226
SS131dir-centr	NUORESE	836.306.216	-	836.306.216
SS198	DI SEUI E LANUSEI	94.778.132	233.333	95.011.466
SS295	DI ARITZO	18.782.426	25.972	18.808.399
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	13.964.200	94.637	14.059.057
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	33.677.882	112.446	33.790.329
SS389dir-b	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	16.639.481	-	16.639.481
SS389var	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	107.212.133	-	107.212.133
SS390	DI BARI SARDO	2.937.001	89.285	3.026.286
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>1.678.824.429</b>	<b>22.905.850</b>	<b>1.701.730.280</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	6.675.037	1.198.726	7.873.763
SS125var	NUOVA SS125	165.893.041	-	165.893.041
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	212.614.257	658.866	213.273.123
SS126dir	SUD OCCIDENTALE SARDA	44.650.608	-	44.650.608
SS128	CENTRALE SARDA	162.785.858	22.814	162.808.672
SS130	IGLESIENTE	240.813.392	8.618.031	249.431.423
SS130dir	IGLESIENTE	17.390.671	-	17.390.671
SS131	CARLO FELICE	552.615.519	45.350.242	597.965.762
SS195	SULCITANA	132.569.703	283.295	132.852.998
SS196	DI VILLACIDRO	114.240.839	6.390.725	120.631.564
SS196dir	DI VILLACIDRO	29.301.087	-	29.301.087
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUMINI	186.437.843	971.903	187.409.746
SS198	DI SEUI E LANUSEI	26.636.137	233.333	26.869.470
SS293	DI GIBA	96.702.279	1.343.987	98.046.266
SS387	DEL GERREI	119.145.136	260.938	119.406.074
SS466	DI SIBIOLA	38.608.397	744.825	39.353.222
SS547	DI GUASILA	33.920.031	494.553	34.414.584
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>2.179.059.404</b>	<b>68.512.668</b>	<b>2.247.572.073</b>
SS125var	NUOVA SS125	133.203.574	-	133.203.574
SS130	IGLESIENTE	204.384.144	8.618.031	213.002.175
SS130dir	IGLESIENTE	5.184.145	-	5.184.145
SS131	CARLO FELICE	123.812.617	45.350.242	169.162.860
SS131dir	CARLO FELICE	110.940.850	1.942.329	112.883.179
SS195	SULCITANA	295.750.982	283.295	296.034.277
SS195racc	VIA S. PAOLO	58.438.967	-	58.438.967
SS196	DI VILLACIDRO	9.113.699	6.390.725	15.504.423
SS387	DEL GERREI	66.896.433	260.938	67.157.370
SS391	DI ELMAS	-	7.627	7.627
SS554	CAGLIARITANA	277.121.318	6.568.200	283.689.518
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>1.321.905.452</b>	<b>32.362.662</b>	<b>1.354.268.114</b>
<b>TOTALE</b>		<b>8.045.700.070</b>	<b>258.681.070</b>	<b>8.304.381.140</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 53 - Percorrenze per strada statale

Grazie a questa elaborazione diviene inoltre possibile una prima valutazione del ruolo assunto dalla rete delle strade statali nel territorio regionale. In particolare, su di esse si concentra il 56% delle percorrenze chilometriche simulate, che raggiungono l'83% riferendosi ai soli veicoli pesanti (Tabella 54).

CONCENTRAZIONE DEI FLUSSI SULLA RETE DELLE STRADE STATALI						
	leggeri		pesanti		totale	
	mvkm/giorno	%	mvkm/giorno	%	mveqkm/giorno	%
Strade statali	12,83	53%	0,84	83%	14,5	56%
Resto rete	11,21	47%	0,17	17%	11,6	44%
<b>TOTALE</b>	<b>24,04</b>	<b>100%</b>	<b>1,02</b>	<b>100%</b>	<b>26,1</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 54 - Concentrazione dei flussi sulla rete delle strade statali

### 3.18.4 Calcolo del numero di veicoli coinvolti in incidenti all'anno

Una volta effettuate le operazioni preliminari sopra descritte, è quindi possibile associare ogni singolo incidente avvenuto su strada statale (tramite il codice del comune e la sigla della strada statale) alla porzione di strada statale del grafo avente il medesimo codice che insiste su quel determinato territorio comunale e, conseguentemente, ricavare il numero dei veicoli coinvolti in incidenti (dato estraibile dal database ISTAT) su quel particolare tronco.

Sono quindi stati individuati i tratti stradali con il maggior numero di incidenti andando ad evidenziare 3 livelli di servizio:

- strada non statale (nel nostro caso neutra in quanto non viene riportata l'incidentalità)
- strada statale senza incidenti rilevati nel quinquennio 2014-2018
- strada statale con incidenti rilevati nel quinquennio 2014-2018

I risultati ottenuti sull'insieme della rete sono illustrati in Tabella 55, che riporta per ciascuna strada statale sarda i **tassi di incidentalità, lesività e mortalità**, ottenuti rapportando al volume di traffico, rispettivamente, il numero di sinistri rilevati, di persone coinvolte (morti+feriti), e di persone decedute. Come si può osservare, questi tassi variano notevolmente da strada a strada, risultando non infrequente il caso di arterie a limitato traffico, comunque caratterizzate da un certo numero di sinistri e dunque, in definitiva, da tassi di incidentalità relativamente elevati in rapporto al resto della rete.

COD	NOME STRADA	Veicoli*km/ANNO	n° incidenti per 100 Mvkm	persone coinvolte per 100 Mvkm	n° morti per 100 Mvkm
NSA167	DI ITTIRI	1.935.844	10,3	10,3	10,3
SS125	ORIENTALE SARDA	170.893.307	25,5	40,5	0,6
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	187.275.531	12,6	22,0	0,3
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	12.983.559	98,6	180,2	3,1
SS128bis	CENTRALE SARDA	71.628.557	7,0	11,4	0,8
SS129	TRASVERSALE SARDA	5.345.208	11,2	37,4	0,0
SS131	CARLO FELICE	672.509.131	10,4	16,7	0,1
SS131bis	CARLO FELICE	27.046.980	6,7	12,6	0,7
SS131dir-centr	NUORESE	200.048.594	7,2	11,0	0,3
SS132	DI OZIERI	24.439.667	4,1	7,4	0,0
SS133	DI PALAU	43.957.911	11,4	19,6	0,9
SS133bis	DI PALAU	22.170.798	8,1	10,8	0,9
SS134	DI CASTEL SARDO	166.972	239,6	359,3	0,0
SS199	DI MONTI	52.203	383,1	1149,3	0,0
SS200	DELL'ANGLONA	76.794.617	18,2	34,4	0,8
SS291	DELLA NURRA	43.107.619	35,3	58,0	1,4
SS291var	DELLA NURRA	8.894.300	6,7	20,2	4,5
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	20.454.624	13,7	21,5	0,0
SS292dir	NORD OCCIDENTALE SARDA	6.801.951	8,8	11,8	0,0
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	9.216.588	17,4	19,5	4,3
SS389dir-a	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	4.590.940	13,1	17,4	0,0
SS392	DEL LAGO DEL COGHINAS	15.979.772	10,0	12,5	0,0
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	31.034.173	5,2	7,7	0,0
SS597	DI LOGUDORO	155.674.228	7,6	16,8	0,6
SS672	SASSARI - TEMPIO	62.581.846	5,1	11,5	0,6
SS729	SASSARI - OLBIA	122.019.693	6,6	13,6	0,0
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>1.997.604.612</b>	<b>12,1</b>	<b>20,6</b>	<b>0,4</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	28.234.835	12,8	21,3	1,4
SS128	CENTRALE SARDA	3.551.451	33,8	50,7	5,6
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	26.078.296	23,8	43,7	0,0
SS131	CARLO FELICE	615.592.898	3,8	6,3	0,3
SS131dir-centr	NUORESE	90.393.150	5,3	8,4	0,2
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	147.727.554	8,0	13,0	0,1
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	65.832.187	8,8	15,8	1,5
SS442	DI LACONI E DI URAS	25.795.690	7,8	12,4	0,8
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>1.003.206.061</b>	<b>20,3</b>	<b>34,9</b>	<b>0,7</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	122.163.039	27,0	41,1	2,0
SS125var	NUOVA SS125	9.790.218	22,5	32,7	2,0
SS128	CENTRALE SARDA	93.444.757	6,6	8,8	0,6
SS129	TRASVERSALE SARDA	170.664.308	13,2	25,7	1,6
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	24.569.367	25,2	53,7	0,8
SS131	CARLO FELICE	156.245.226	5,0	9,5	0,0
SS131dir-centr	NUORESE	836.306.216	4,4	7,5	0,2
SS198	DI SEUI E LANUSEI	95.011.466	8,2	13,7	0,6
SS295	DI ARITZO	18.808.399	12,8	12,8	0,0
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	14.059.057	10,0	12,8	1,4
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	33.790.329	32,0	55,0	1,2
SS389dir-b	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	16.639.481	4,8	6,0	0,0
SS389var	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	107.212.133	2,6	5,6	0,6
SS390	DI BARI SARDO	3.026.286	138,8	231,3	0,0
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>1.701.730.280</b>	<b>8,5</b>	<b>14,4</b>	<b>0,6</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	7.873.763	63,5	78,7	2,5
SS125var	NUOVA SS125	165.893.041	3,7	6,3	0,1
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	213.273.123	13,1	25,1	0,7
SS126dir	SUD OCCIDENTALE SARDA	44.650.608	2,7	9,4	0,0
SS128	CENTRALE SARDA	162.808.672	7,5	15,2	0,4
SS130	IGLESIENTE	249.431.423	7,6	11,8	0,6
SS130dir	IGLESIENTE	17.390.671	9,2	21,9	0,0
SS131	CARLO FELICE	597.965.762	5,3	8,9	0,2
SS195	SULCITANA	132.852.998	5,6	10,5	0,6
SS196	DI VILLACIDRO	120.631.564	12,9	24,7	2,0
SS196dir	DI VILLACIDRO	29.301.087	13,0	22,5	0,0
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUMINI	187.409.746	7,0	13,4	0,5
SS198	DI SEUI E LANUSEI	26.869.470	8,9	11,2	0,0
SS293	DI GIBA	98.046.266	7,5	12,0	0,2
SS387	DEL GERREI	119.406.074	11,2	18,1	0,8
SS466	DI SIBIOLA	39.353.222	10,7	14,2	0,0
SS547	DI GUASILA	34.414.584	12,2	22,7	0,0
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>2.247.572.073</b>	<b>7,9</b>	<b>13,8</b>	<b>0,5</b>
SS125var	NUOVA SS125	133.203.574	5,3	9,9	0,5
SS130	IGLESIENTE	213.002.175	14,7	29,1	0,3
SS130dir	IGLESIENTE	5.184.145	11,6	23,1	0,0
SS131	CARLO FELICE	169.162.860	9,6	16,2	0,5
SS131dir	CARLO FELICE	112.883.179	45,9	77,1	0,5
SS195	SULCITANA	296.034.277	14,7	23,9	0,7
SS195racc	VIA S. PAOLO	58.438.967	8,6	13,0	0,0
SS196	DI VILLACIDRO	15.504.423	7,7	16,8	0,0
SS387	DEL GERREI	67.157.370	8,0	16,4	0,9
SS391	DI ELMAS	7.627	13111,8	15734,2	0,0
SS554	CAGLIARITANA	283.689.518	14,3	23,5	0,6
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>1.354.268.114</b>	<b>13,0</b>	<b>22,9</b>	<b>0,8</b>
<b>TOTALE</b>		<b>8.304.381.140</b>	<b>10,0</b>	<b>17,1</b>	<b>0,5</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 55 - Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – tutti i sinistri

I medesimi tassi possono essere determinati anche facendo riferimento ai soli sinistri che hanno coinvolto almeno un mezzo pesante, come indicato in Tabella 56. Emerge in questo caso una variabilità ancora maggiore, caratterizzata da picchi su diramazioni di importanti direttrici, quali la SS127bis e la SS129bis<sup>45</sup>, a fronte di valori minimi riscontrati sulla viabilità di maggior impiego, quale segnatamente la SS131 “Carlo Felice”.

COD	NOME STRADA	Pesanti*km / anno	n° incidenti per 100 Mvkm	persone coinvolte per 100 Mvkm	n° morti per 100 Mvkm
SS125	ORIENTALE SARDA	1.198.726	333,7	467,2	0,0
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	3.037.067	92,2	138,3	0,0
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	43.979	1364,3	1364,3	0,0
SS128bis	CENTRALE SARDA	243.678	82,1	164,2	82,1
SS131	CARLO FELICE	45.350.242	26,9	42,8	0,4
SS133	DI PALAU	93.408	642,3	1284,7	0,0
SS200	DELL'ANGLONA	493.671	283,6	567,2	0,0
SS291	DELLA NURRA	576.092	173,6	277,7	34,7
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	135.042	296,2	740,5	0,0
SS597	DI LOGUDORO	11.834.395	22,0	32,1	5,1
SS672	SASSARI - TEMPIO	2.657.636	45,2	82,8	0,0
SS729	SASSARI - OLBIA	7.505.514	8,0	18,7	0,0
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>73.169.452</b>	<b>37,7</b>	<b>60,4</b>	<b>1,6</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	658.866	91,1	121,4	0,0
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	9.899	2020,4	4040,9	0,0
SS131	CARLO FELICE	59.858.967	11,0	18,7	1,0
SS292	NORD OCCIDENTALE SARD/	1.108.068	90,2	234,6	0,0
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROL	94.637	1056,7	1268,0	211,3
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>61.730.437</b>	<b>33,0</b>	<b>55,7</b>	<b>1,3</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	1.198.689	166,8	283,6	16,7
SS128	CENTRALE SARDA	22.814	876,6	876,6	0,0
SS129	TRASVERSALE SARDA	1.147.850	209,1	365,9	17,4
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	52.043	1537,2	3074,4	0,0
SS131	CARLO FELICE	20.023.418	6,0	10,0	0,0
SS198	DI SEUI E LANUSEI	233.333	257,1	514,3	0,0
SS295	DI ARITZO	25.972	770,0	770,0	0,0
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORRE	112.446	889,3	889,3	0,0
SS390	DI BARI SARDO	89.285	448,0	672,0	0,0
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>22.905.850</b>	<b>38,4</b>	<b>62,9</b>	<b>1,7</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	2.933.297	75,0	129,5	6,8
SS128	CENTRALE SARDA	1.185.938	67,5	202,4	0,0
SS130	IGLESIENTE	8.618.031	27,8	44,1	2,3
SS131	CARLO FELICE	45.170.815	16,4	23,5	1,3
SS195	SULCITANA	283.295	141,2	211,8	0,0
SS196	DI VILLACIDRO	6.390.725	40,7	81,4	3,1
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUV	971.903	102,9	288,1	0,0
SS198	DI SEUI E LANUSEI	114.361	174,9	174,9	0,0
SS293	DI GIBA	1.343.987	74,4	133,9	0,0
SS387	DEL GERREI	260.938	76,6	153,3	0,0
SS466	DI SIBIOLA	744.825	107,4	134,3	0,0
SS547	DI GUASILA	494.553	161,8	161,8	0,0
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>68.512.668</b>	<b>28,9</b>	<b>48,8</b>	<b>1,8</b>
SS130	IGLESIENTE	4.597.605	100,1	152,3	0,0
SS131	CARLO FELICE	9.278.872	15,1	19,4	0,0
SS131dir	CARLO FELICE	1.942.329	72,1	154,5	0,0
SS195	SULCITANA	8.694.598	62,1	101,2	9,2
SS196	DI VILLACIDRO	581.011	34,4	68,8	0,0
SS387	DEL GERREI	692.421	57,8	57,8	0,0
SS391	DI ELMAS	7.627	2622,4	2622,4	0,0
SS554	CAGLIARITANA	6.568.200	103,5	194,9	0,0
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>32.362.662</b>	<b>61,2</b>	<b>103,2</b>	<b>3,7</b>
<b>TOTALE</b>		<b>258.681.070</b>	<b>33,2</b>	<b>55,1</b>	<b>1,7</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 56 - Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – sinistri con veicoli pesanti

<sup>45</sup> Nel considerare questi valori, occorre comunque tenere presente che la stima del volume di traffico pesante fa riferimento ai soli movimenti effettuati da veicoli *commerciali*, mentre esclude quelli effettuati da veicoli operativi (mezzi per manutenzione stradale, raccolta rifiuti, ecc...), non riconducibili alla matrice origine/destinazione, ma comunque tali da costituire presumibilmente una componente importante del flusso sulle arterie a minor traffico.

### 3.18.5 Calcolo della probabilità di sinistro per la Regione Sardegna

La probabilità complessiva di un sinistro, che coinvolga un'autocisterna criogenica è stata calcolata sulla base delle statistiche degli incidenti stradali dell'ultimo quinquennio, presentate nei precedenti paragrafi, ponderando i dati relativi agli eventi che coinvolgono veicoli pesanti con quelli relativi al numero totale dei sinistri.

In particolare, per ciascun arco si sono considerati:

- il numero totale di incidenti  $N_T$ ;
- il numero totale di incidenti con coinvolgimento di mezzi pesanti  $N_P$ .

e si sono determinati gli indici:

- di incidentalità totale:  $i_T = N_T / 100 \text{ Mvkm totali}$
- di incidentalità pesante:  $i_P = N_P / 100 \text{ Mvkm pesanti}$

riferiti ad un singolo anno<sup>46</sup>.

Per ovviare al fatto che molte strade sono praticamente prive di traffico pesante (quanto meno simulato dal modello), come indicatore di probabilità del sinistro è stato utilizzato l'indice di incidentalità medio ponderato:

$$i = \alpha i_P + (1-\alpha) i_T$$

con  $\alpha$  posto in prima approssimazione pari a 0,1.

Tale indice rappresenta la probabilità che si verifichi un evento incidentale che interessi un'autocisterna criogenica, ogni 100 Mvkm di traffico generati dalle autocisterne stesse, con le seguenti ulteriori avvertenze:

- a) in assenza di dati esattamente georiferiti relativi alla localizzazione dei singoli eventi incidentali, il calcolo è avvenuto assumendo come unità minima di riferimento, per le strade statali, la combinazione tra il codice amministrativo (ad es. SS131) ed il Comune in cui si è verificato l'incidente, mentre per il resto della rete si è fatto riferimento ai valori medi di incidentalità residui, rilevati a livello comunale, rapportati ai volumi di traffico simulati sul resto della rete;
- b) per ovviare a (occasionalmente) situazioni caratterizzate da completa assenza di sinistri – spesso associata ad arterie stradali e/o a circoscrizioni territoriali caratterizzate da modestissimi livelli di traffico, si è assunta una soglia minima di rischio pari

---

<sup>46</sup> In altri termini, il valore cumulato degli incidenti verificatisi nel quinquennio 2014-2018 è stato rapportato a un volume di traffico pari a cinque volte il valore medio annuo risultante dalle simulazioni effettuate.

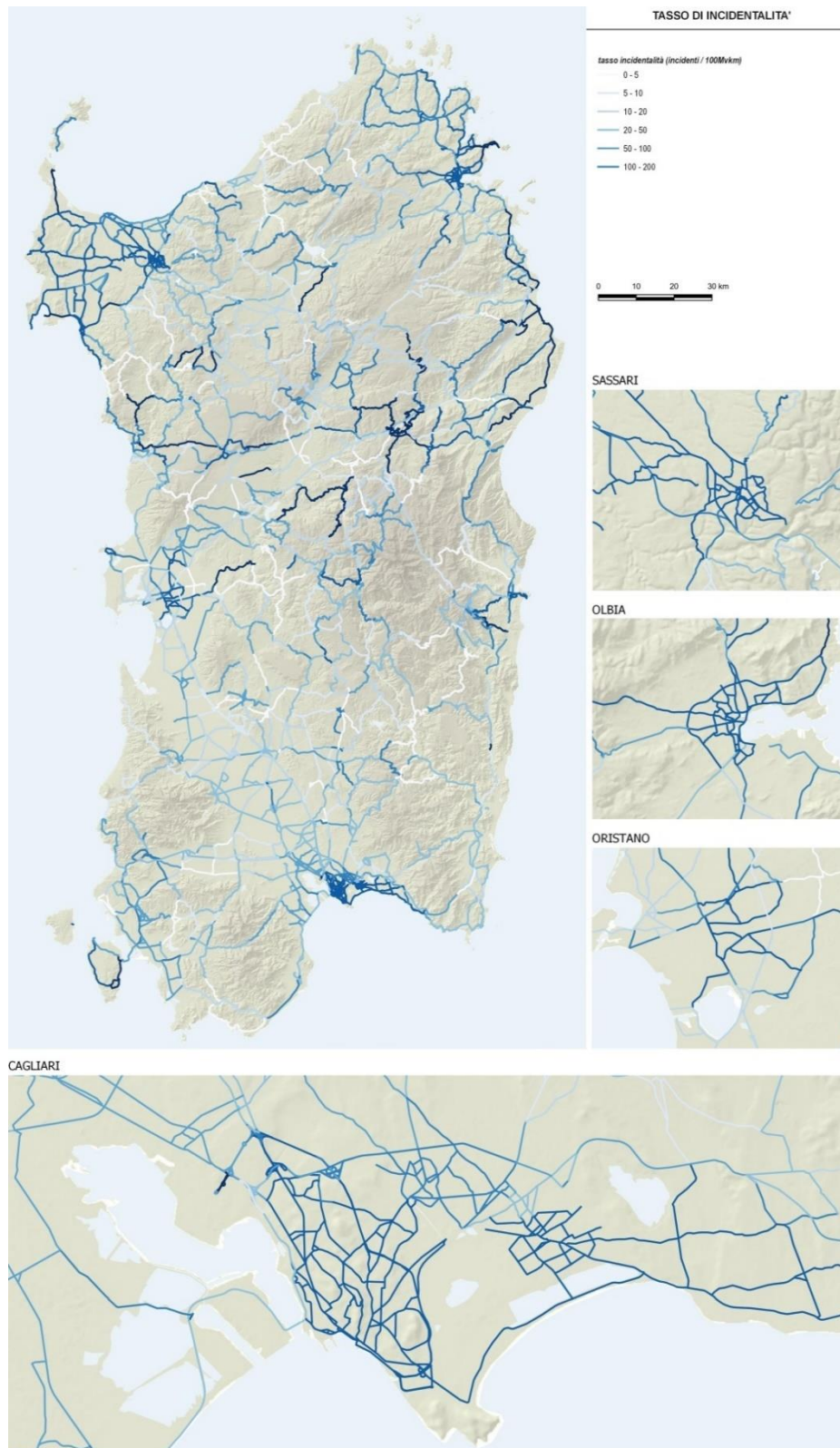
all'incidentalità media della provincia di riferimento sulla rete locale (con l'esclusione quindi delle strade statali).

Dalla letteratura scientifica sull'argomento, emerge che la stima del danno dovrebbe inoltre essere stratificata in funzione dell'evento incidentale preso in esame: ad esempio, un'esplosione ha una certa probabilità di coinvolgere la popolazione residente nelle vicinanze, mentre un ribaltamento con sversamento di materiale può impattare maggiormente sulle aree di pregio ambientale. In assenza di elementi specifici atti a ripartire la probabilità di incidente fra le loro diverse possibili tipologie il rischio, in prima approssimazione si è operato senza introdurre alcuna distinzione tra i singoli eventi.

Nella Figura 170, l'indice così calcolato per singolo arco viene restituito cartograficamente.

Ne emerge una distribuzione dei rischi diffusa su tutto il territorio. Se da un lato gli archi stradali di rischio medio-alto si concentrano presso i principali nodi urbani e lungo alcuni tratti di costa, dall'altra gli archi maggiormente frequentati, su tutti la SS131, risultano piuttosto sicuri.

Ciò è dovuto in buona parte agli standard di sicurezza della viabilità sovracomunale che pare in grado di sostenere agevolmente l'eventuale carico aggiuntivo di mezzi volti al rifornimento di GNL. Piuttosto pare necessario analizzare nel dettaglio il contesto di origine-destinazione del cosiddetto ultimo miglio che, percorrendo archi stradali interni ai contesti urbani e/o locali, andrà definita con particolare attenzione.



Fonte: elaborazione META

Figura 170 - Stima della probabilità di incidente



### 3.18.6 Calcolo dell'indicatore di danno potenziale

Oltre a considerare i tassi di incidentalità, cioè la probabilità che si si verifichi un evento incidentale, la costruzione del coefficiente di rischio deve tener conto dei possibili danni associati all'evento: per esempio un conto è avere un incidente in una galleria con intenso traffico, diverso averlo in aperta campagna su strade con transiti ridotti; un conto l'incidente in ambito rurale, diverso in ambito urbano densamente abitato.

Per fare ciò, dati per assunti i punti precedenti, la procedura per il calcolo dell'indicatore del danno potenziale tiene conto di tre distinti fattori:

- la presenza di traffico leggero, ovvero la possibilità che un evento incidentale interessi **persone presenti su altri veicoli in transito**
- la popolazione residente all'intorno dell'asse stradale, potenzialmente esposta ai rischi del sinistro
- ulteriori elementi relativi alla **vulnerabilità ambientale** del contesto.

### 3.18.7 Persone presenti su altri veicoli in transito

La presenza di persone presenti su altri veicoli in transito è facilmente desumibile dalle stesse simulazioni di traffico: detta  $t_{inc}$  la durata di un evento incidentale, la probabilità che in tale intervallo di tempo si verifichi il transito di un altro veicolo è data semplicemente da.

$$p_{tr} = (F_A + F_R) \frac{t_{inc}}{T_{oss}}$$

dove  $F_A$  ed  $F_B$  sono i flussi di traffico stimati sull'arco (espressi ad esempio in veicoli/giorno), e  $T_{oss}$  il corrispondente tempo di osservazione (in questo caso, un giorno).

Il numero di persone potenzialmente transitanti sulla strada durante l'evento incidentale può essere così determinato moltiplicando la probabilità di transito per il coefficiente medio di occupazione dei veicoli.

Beninteso, questo modo di procedere consente di determinare la probabilità media giornaliera che nel corso dell'evento incidentale si manifesti il transito di un certo numero di persone. È possibile peraltro ipotizzare, da un lato, che i movimenti di autocisterne si verifichino in ore della giornata caratterizzate dalla minor presenza di traffico e, dall'altro, che efficaci sistemi di allarme consentano di limitare la durata critica dell'evento alle sole fasi precedenti l'avvio di tali sistemi, con conseguente possibilità di blocco della circolazione sull'asse stradale esaminato.

In prima approssimazione, si è assunto un coefficiente di occupazione pari ad 1,2 persone/veicolo leggero e 1,0 persone/veicolo pesante, mentre la durata critica dell'evento incidentale è stata posta pari a 30 secondi.

### **3.18.8 Popolazione esposta all'intorno dell'asse stradale**

Ogni arco stradale ha nell'intorno di un certo buffer definito dei residenti e degli addetti che, in caso di incidente, potrebbero essere in parte interessati dagli effetti dello stesso.

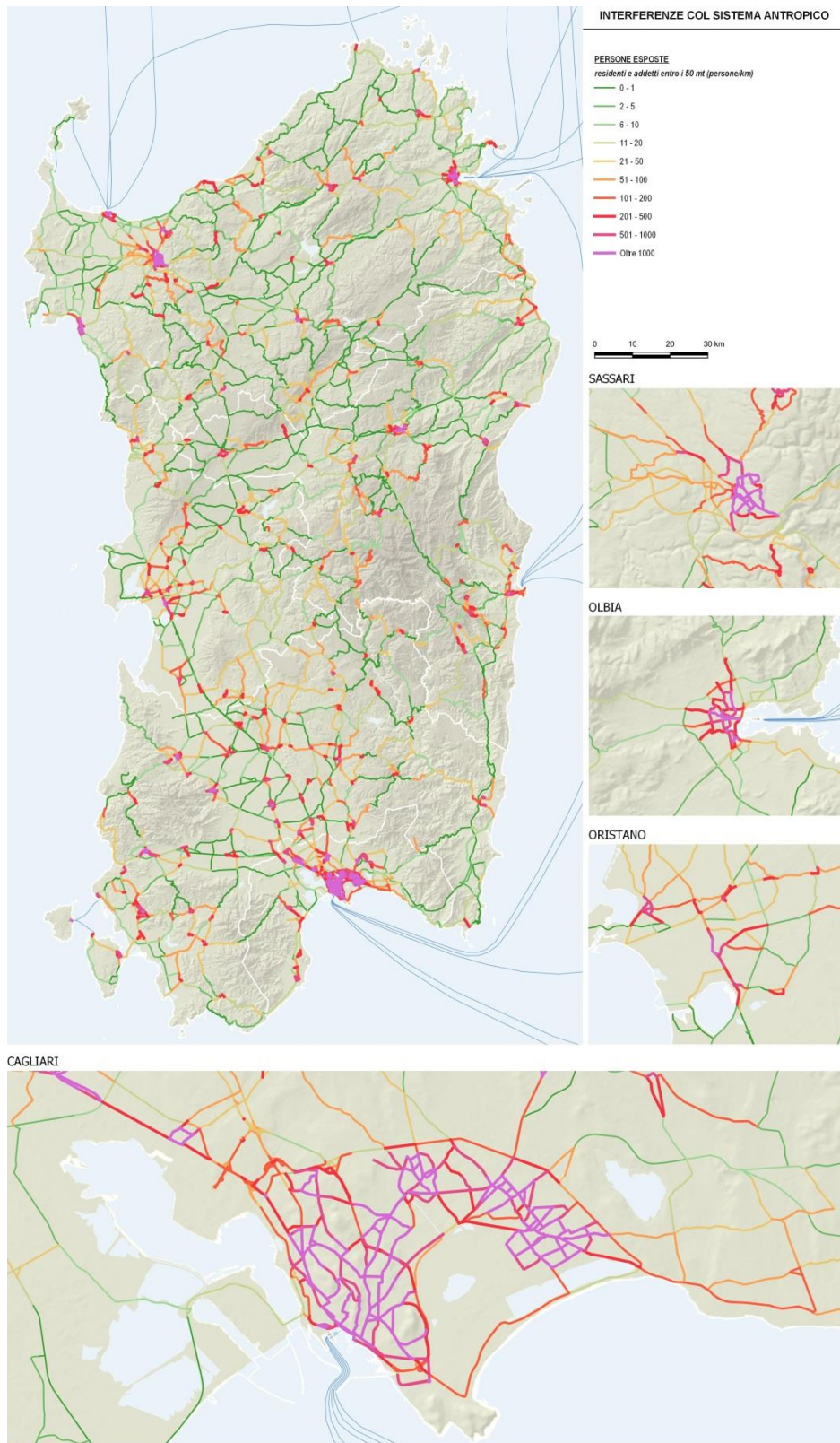
Senza entrare nel merito dei singoli casi specifici, si può fare riferimento a tutti gli incidenti con fuoriuscita di liquidi e/o gas che, a seconda dei casi possono propagarsi nell'aria per una certa distanza attorno al sito del sinistro.

Si è pertanto definito un indicatore di popolazione esposta facendo riferimento alla presenza di residenti e addetti (dato ISTAT per sezione di censimento) in un buffer di 50 metri dall'arco stradale considerato definito a priori come valore di riferimento per una simulazione di massima.

Ciò permette, come definito dall'immagine seguente, di evidenziare gli archi stradali su cui è maggiore la popolazione esposta che, come ovvio, si concentrano soprattutto negli ambiti urbani delle principali città sarde (Figura 171).

Se da un lato la criticità dell'attraversamento dei centri urbani, in particolare per i mezzi che trasportano merci è cosa nota, non solamente per una questione di rischio reale, ma anche di rischio percepito, oltre che di influenza sul traffico locale, l'indicatore mette in luce come anche la rete principale, concentrata prevalentemente su infrastrutture extraurbane, attraversa alcune piccole concentrazioni di popolazione esposta, da considerare nello scenario di movimentazione del GNL.

Infatti, anche se non si registrano valori superiori alle 100 persone esposte in contesti extraurbani, spesso si incontrano casi in cui, pur per brevi tratte, l'asse stradale vede la presenza superiore alle 500 persone nel *buffer* considerato a riferimento.



Fonte: elaborazione META

Figura 171 - Identificazione della popolazione esposta

### 3.18.9 Elementi relativi alla vulnerabilità ambientale

Oltre all'esposizione al rischio delle persone è stata presa in considerazione anche quella dell'ambiente.

Per fare ciò si è considerato un fattore di vulnerabilità ambientale considerando territori vulnerabili quelli attraversati da archi stradali.

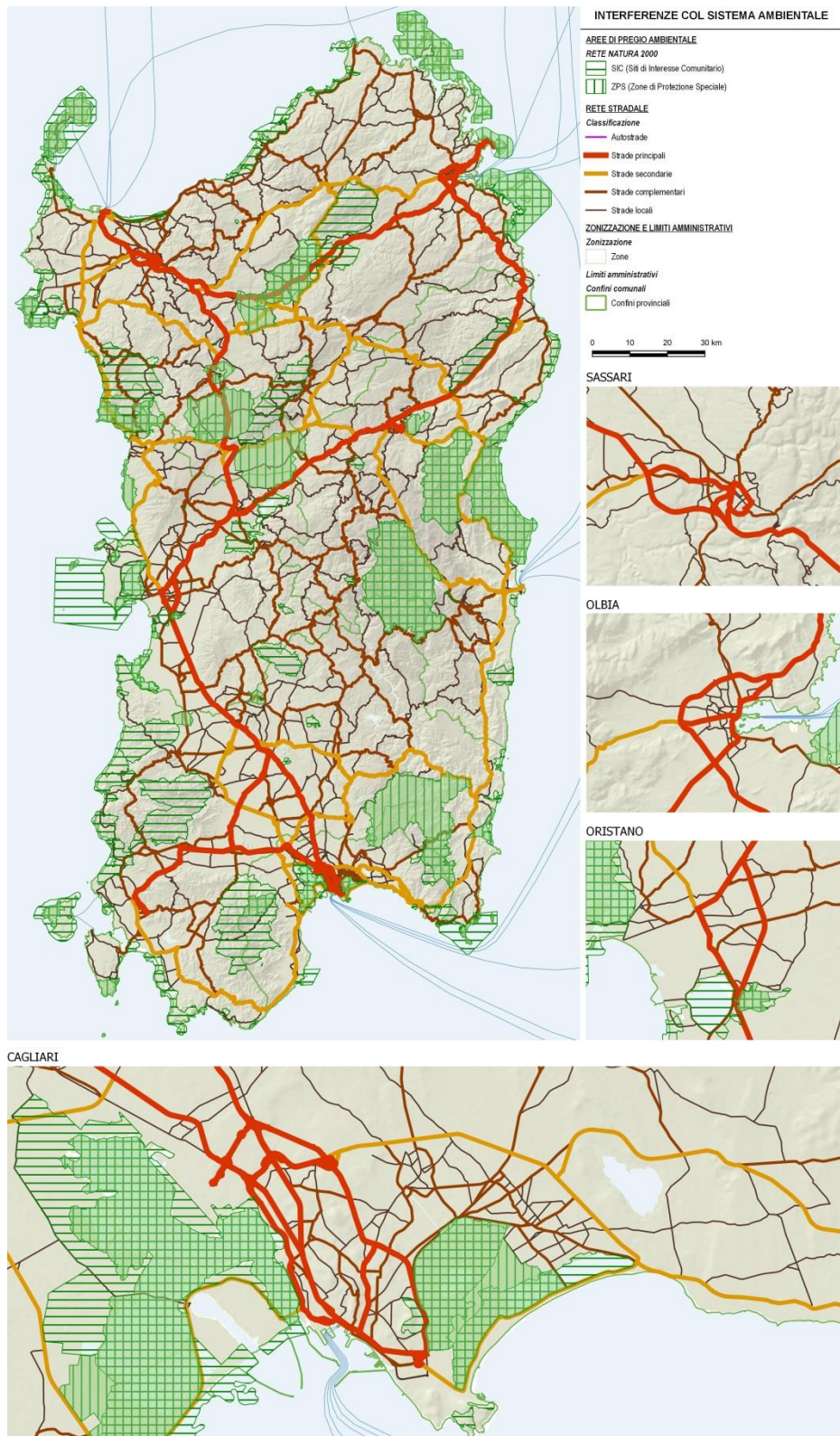
Tale indicatore presuppone una mappatura delle aree di valenza ambientale, in cui gli effetti di incidenti con propagazione di liquidi e/o gas potrebbero incidere sulle caratteristiche naturali dell'introno.

Ferma restando la possibilità di disporre di dati di maggior dettaglio, in prima battuta sono stati considerati i siti della rete Natura2000 quale sistema coordinato e coerente (una rete) di aree (siti di importanza comunitaria SIC e zone di protezione speciale ZPS) destinate alla conservazione della diversità biologica presente nel territorio dell'Unione Europea (Figura 172).

Come possibile osservare nell'immagine seguente, buona parte delle infrastrutture extraurbane si concentrano ovviamente al di fuori delle aree naturali. Ciò però non si verifica in tutti i casi, infatti è possibile notare come anche alcuni dei principali assi viari attraversano aree protette di rilievo comunitario.

Ciò avviene in particolare in alcuni casi nel quadrante nord del territorio regionale dove i collegamenti ad alto scorrimento Sassari-Olbia, Nuoro-Olbia, Oristano-Sassari attraversano rispettivamente SIC e ZPS definiti.

Da segnalare anche alcune aree interessate all'uscita dai punti di origine del GNL presso il porto di Oristano.



Fonte: elaborazione META

Figura 172 - Identificazione della vulnerabilità ambientale

### 3.18.10 Calcolo dell'indicatore di danno potenziale e riepilogo dei risultati

Un riepilogo dei risultati ottenuti, in termini di esposizione al rischio su ciascuna strada statale, è riportato nella Tabella 57.

Tali valori sono presentati in forma aggregata per provincia ed unità amministrativa di rete, ma vengono in realtà determinati a livello di singolo arco stradale, dando luogo ad una "mappa del danno potenziale" in caso di sinistro occorrente ad una autocisterna criogenica (Figura 173).

A tal fine, è necessario in primo luogo stimare, dal numero di persone coinvolte il **numero potenziale di feriti e decessi** a seguito dell'incidente, sulla base degli indicatori di lesività e letalità, calcolati a livello di singolo arco partendo dai dati di incidentalità analizzati nel paragrafo 3.18.1.

Stimati feriti e decessi, è possibile calcolare l'indicatore di danno potenziale sulla base della seguente formulazione:

$$D_p = F_p * V_F + M_p * V_M + AP_p * V_{AP}$$

Dove  $F_p$ ,  $M_p$ ,  $AP_p$  corrispondono al numero rispettivamente al numero di feriti, decessi e all'estensione di aree di pregio ambientale (in ettari) potenzialmente coinvolte nel caso di incidente, mentre  $V_F$ ,  $V_M$  e  $V_{AP}$  corrispondono ai valori loro economici, stimati da letteratura. In particolare, è possibile assumere per l'Italia i seguenti valori (European Commission 2019):

- Decesso: 3,2 milioni di €
- Ferita grave: 0,5 milioni di €
- Ferita leggera: 0,04 milioni di €

COD	NOME STRADA	flussi veicolari leggeri		interferenza siti Rete Natura 2000 km	popolazione esposta persone
		legg/km/ giorno			
NSA167	DI ITIRI		3.928		49
NSA319	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		387	0	97
NSA325	SCALA RUJA - TEMPIO		21.781	0	3
SS125	ORIENTALE SARDA		137.729	0	3.386
SS127	SETTENTRIONALE SARDA		156.539	0	4.331
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA		3.379	0	311
SS128bis	CENTRALE SARDA		58.696	1	2.931
SS129	TRASVERSALE SARDA		108.725	0	0
SS131	CARLO FELICE		468.451	7	612
SS131bis	CARLO FELICE		72.508	0	131
SS131dir-centr	NUORESE		32.643	0	34
SS132	DI OZIERI		6.001	21	772
SS133	DI PALAU		52.417	0	613
SS133bis	DI PALAU		7.915	0	377
SS134	DI CASTEL SARDO		3.979	0	2.066
SS199	DI MONTI		38	0	166
SS200	DELL'ANGLONA		43.639	0	1.532
SS291	DELLA NURRA		32.184	0	67
SS291dir	DEL CALIK		2.878	1	24
SS291var	DELLA NURRA		84.398	0	221
SS291var-a	DELLA NURRA		44	0	5
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA		179.182	13	872
SS292dir	NORD OCCIDENTALE SARDA		117.013	0	600
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		3.705	0	1.175
SS389dir-a	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		1.005	0	124
SS397	DEL LAGO DEL COGHINAS		1.016	10	512
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE		3.755	0	1.598
SS597	DI LOGUDORO		35.418	24	20
SS672	SASSARI - TEMPIO		31.725	0	0
SS726	SASSARI - OLBIA		84.348	18	127
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>			<b>1.756.028</b>	<b>96</b>	<b>22.755</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA		52.587	0	1.363
SS128	CENTRALE SARDA		979	0	522
SS129bis	TRASVERSALE SARDA		10.615	0	589
SS131	CARLO FELICE		303.557	1	213
SS131dir-centr	NUORESE		76.064	1	135
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA		370.890	0	3.006
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI		42.054	0	1.714
SS442	DI LACONI E DI URAS		28.916	0	811
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>			<b>885.661</b>	<b>2</b>	<b>8.352</b>
EX SS125	ORIENTALE SARDA		193.362	0	1.632
EX SS131	CARLO FELICE		4.600	0	108
EX SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		108.854	0	580
SS125	ORIENTALE SARDA		225.238	5	4.068
SS125dir	ORIENTALE SARDA		47.795	0	2.199
SS125var	NUOVA SS125		19.481	0	50
SS128	CENTRALE SARDA		34.490	0	4.537
SS128	TRASVERSALE SARDA		495.515	14	1.795
SS129bis	TRASVERSALE SARDA		52.929	0	261
SS131	CARLO FELICE		225.991	6	36
SS131dir-centr	NUORESE		287.857	2	295
SS198	DI SEUI E LANUSEI		60.089	0	2.975
SS295	DI ARITZO		75.609	0	1.566
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI		303.694	0	419
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		671.341	0	628
SS389dir-b	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		11.273	0	1.145
SS389var	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI		25.131	17	8
SS390	DI BARI SARDO		1.779	0	1.873
SS537	DI GHILARZA		117	0	482
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>			<b>2.865.146</b>	<b>44</b>	<b>24.656</b>
EX SS125	ORIENTALE SARDA		145.332	3	1.937
EX SS128	CENTRALE SARDA		108.797	0	1.281
SS125	ORIENTALE SARDA		225.237	0	0
SS125var	NUOVA SS125		24.204	1	17
SS128	SUD OCCIDENTALE SARDA		774.418	10	3.593
SS128dir	SUD OCCIDENTALE SARDA		3.290	0	257
SS128	CENTRALE SARDA		1.276.624	0	1.814
SS130	IGLESIENTE		171.691	0	88
SS130dir	IGLESIENTE		435.932	0	1.078
SS131	CARLO FELICE		978.194	0	380
SS195	SULCITANA		383.754	0	2.706
SS196	DI VILLACIDRO		324.700	0	555
SS196dir	DI VILLACIDRO		160.395	0	2.883
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUMINI		208.336	0	1.772
SS198	DI SEUI E LANUSEI		7.159	1	645
SS293	DI GIBA		172.488	1	1.740
SS387	DEL GERREI		754.316	5	1.702
SS466	DI SIBIOLA		69.787	0	29
SS547	DI GUASILA		50.843	0	2.000
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>			<b>6.285.496</b>	<b>21</b>	<b>24.476</b>
EX SS554	CAGLIARITANA		58.148	0	361
N SS128	CENTRALE SARDA		19.490	0	92
NSA371	EX S.S. N. 125 ORIENTALE SARD/		267.097	0	15
SS125var	NUOVA SS125		415.350	4	8
SS130	IGLESIENTE		1.494.256	0	1.566
SS130dir	IGLESIENTE		9.095	0	41
SS131	CARLO FELICE		1.436.800	0	293
SS131dir	CARLO FELICE		3.484.798	0	934
SS195	SULCITANA		304.597	8	2.029
SS195racc	VIA S. PAOLO		1.134.829	0	530
SS196	DI VILLACIDRO		4.128.716	0	44
SS387	DEL GERREI		346.094	0	84
SS391	DI ELMAS		0	0	368
SS554	CAGLIARITANA		2.641.317	0	3.053
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>			<b>15.740.587</b>	<b>12</b>	<b>9.418</b>
<b>TOTALE</b>			<b>27.532.918</b>	<b>174</b>	<b>89.658</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 57 - Esposizione al rischio incidentale per strada

Non distinguendo il dato ISTAT utilizzato la natura delle ferite, nella presenta elaborazione è stato considerato soltanto il valore della ferita leggera.

Ad esempio, se la popolazione presente è di 40 persone, le probabilità di morte e di lesioni sono rispettivamente il 10% e il 100%, mentre il valore della vita umana è 3,2 milioni di euro e quello delle lesioni 40.000 €, il danno potenziale può essere determinato come:

$$D = 40 \times (0,10 \times 3.200.000 + 0,90 \times 40.000) = 40 \times (320.000 + 36.000) = 356.000 \text{ €}$$

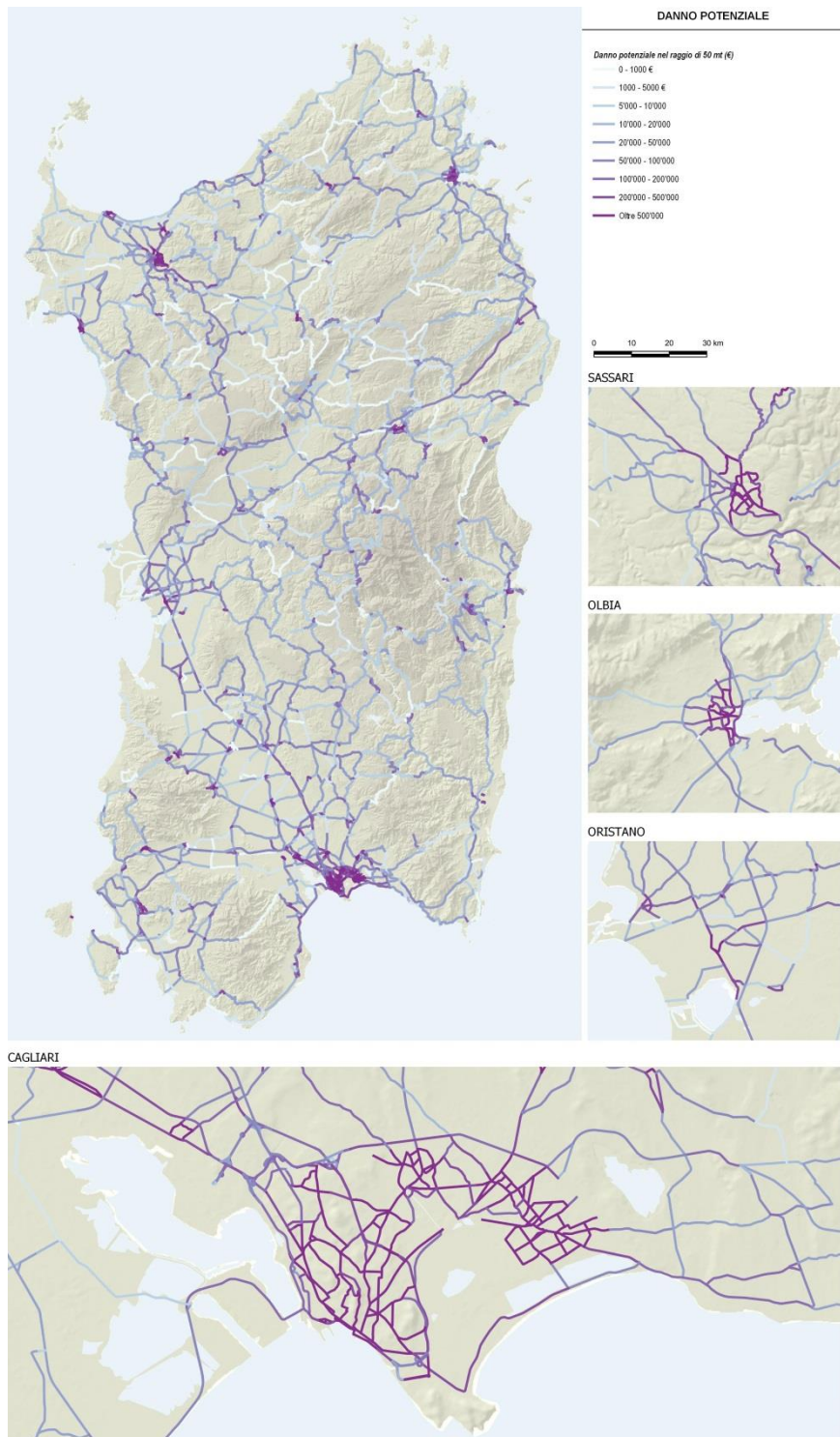
Ed assumendo un indice totale di incidentalità di 10 eventi ogni 100 Mvkm il coefficiente di rischio diventa:

$$10 / 100 \text{ Mvkm} \times 356.000 \text{ €} = 10 \times 0,36 / 100 \text{ €/vkm} = 0,036 \text{ €/vkm}$$

che è un fattore di costo chilometrico utilizzabile in assegnazione.

Per quanto riguarda invece le aree di pregio ambientale, viene assunto un valore medio di riferimento per i siti Rete Natura 2000 di circa 3mila €/ha (ten Brink *et al*, 2011).

Avendo determinato tali valori a livello di singolo arco, è possibile dar luogo ad una “mappa del danno potenziale” in caso di sinistro occorrente ad una autocisterna criogenica (Figura 173). Questa evidenza ancora una volta i centri urbani, dove naturalmente si concentra la popolazione residente e lavoratrice, ma anche il reticolo viario principale, dove i flussi veicolari risultano più elevati. Emergono invece in misura minore le aree di pregio ambientale, questo a causa della forte asimmetria fra il valore economico a loro associato e quello riferito al ferimento o al decesso di una persona.



Fonte: elaborazione META

Figura 173 - Mappa del danno potenziale associato agli archi stradali



### 3.19 Identificazione dei percorsi a minor rischio

#### 3.19.1 Coefficiente di rischio complessivo

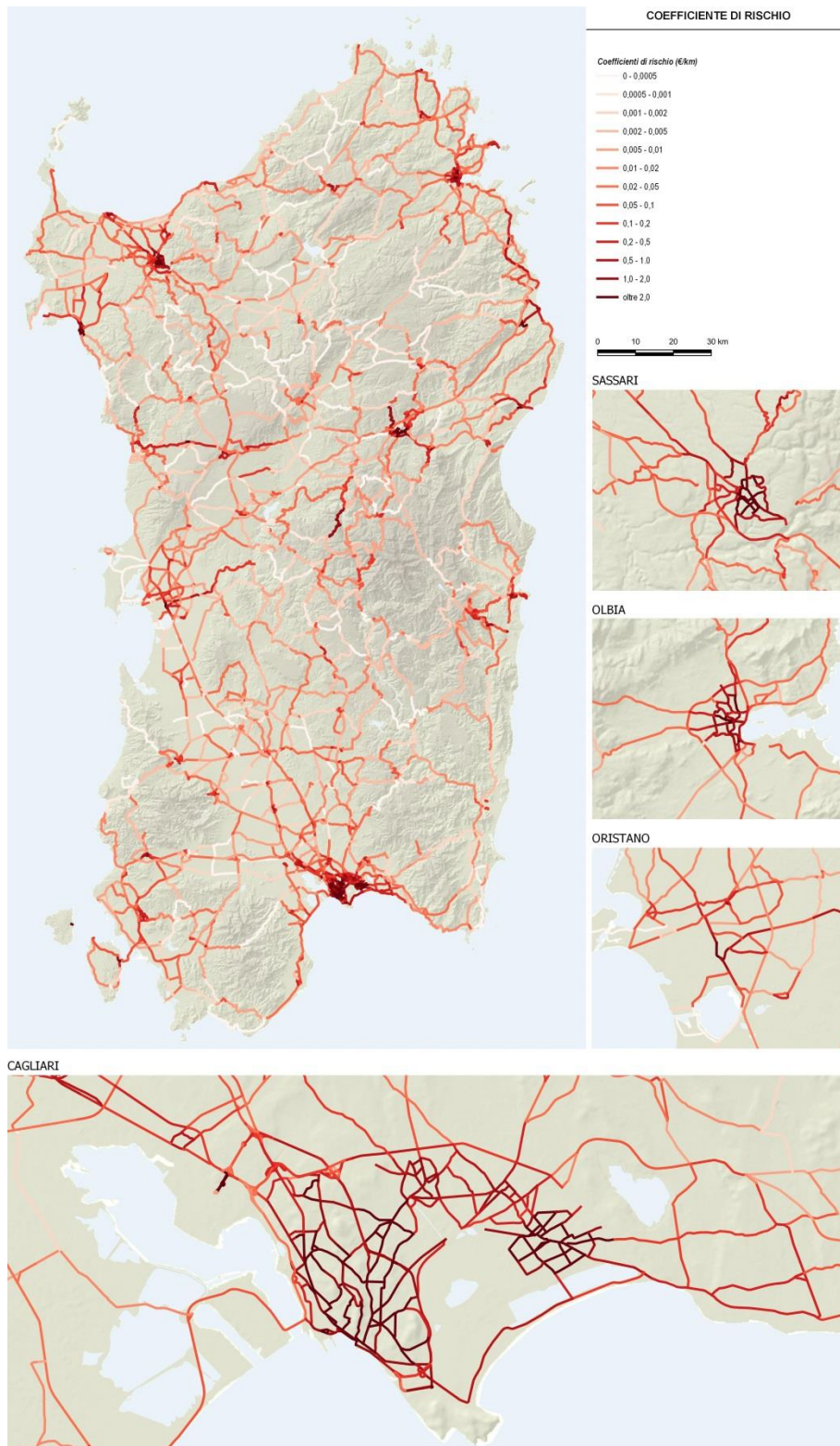
A seguito dell'analisi dell'incidentalità (paragrafo 4), che ha consentito di stimare la probabilità di incidente, e della stima del danno potenziale (paragrafo 5), è quindi possibile procedere col calcolo del coefficiente di rischio complessivo, secondo le modalità viste nel paragrafo 3 e riassumibili nella seguente formula sintetica

$$\text{Coefficiente di rischio} = \text{probabilità del sinistro} \times \text{danno potenziale}$$

Tale coefficiente, espresso in unità monetarie per 100 milioni di veicoli-km sulla rete (€/100 Mvkm), costituisce l'espressione sintetica del "costo sociale" associato alla circolazione delle autocisterne criogeniche sulla rete stradale sarda.

La rappresentazione cartografica del coefficiente di rischio (Figura 174), possibile grazie al fatto che entrambi i fattori sono stati calcolati a livello di singolo arco, evidenzia come i valori più alti (>1 €/km) si concentrino nelle aree urbane, dove sia la probabilità di incidente che il danno potenziale risultano elevati. All'estremo opposto vi sono (pochi) gruppi di archi caratterizzati da valori molto bassi (<0.001 €/km), attribuibili più a danni potenziali molto contenuti che a ridotti valori della probabilità di incidente.

Nel mezzo si colloca la maggior parte del reticolo stradale principale e secondario della regione, con situazioni molto differenziate anche riferendosi alla stessa infrastruttura stradale (si osservi ad esempio la Carlo Felice), sulla base dei flussi presenti, del contesto attraversato e della qualità dell'infrastruttura stradale stessa (e quindi della probabilità di incidente).



Fonte: elaborazione META

Figura 174 - Mappa del coefficiente di rischio associato al transito di un'autocisterna criogenica

### 3.19.2 Minimizzazione del rischio ed itinerari stradali

L'individuazione degli itinerari stradali a minor rischio sociale viene effettuata mediante un semplice algoritmo di ricerca del costo minimo (Dijkstra), alimentato da:

- un primo insieme di uno o più punti di origine  $i$  (i porti di sbarco del GNL);
- un secondo insieme di punti di destinazione  $j$  (i punti rete);
- una rete stradale valorizzata con i coefficienti di rischio calcolati secondo le modalità descritte nel paragrafo precedente.

L'insieme degli archi assegnati restituirà il quadro degli itinerari di minimo rischio sulla rete stradale sarda, in rapporto alla configurazione proposta per la rete di distribuzione GNL.

In rapporto a tale risultato, andranno comunque considerati ulteriori elementi, tra cui i due seguenti:

- la configurazione della rete stradale sarda, tale da non consentire facili alternative ad alcuni assi stradali che, soprattutto per il traffico pesante costituiscono l'unica alternativa facilmente percorribile;
- l'identificazione, all'interno di ciascuna zona di traffico, delle scelte di itinerario di "ultimo miglio" che, di difficile definizione alla scala del presente approfondimento, andranno considerate in funzione delle decisioni prese in merito alla tipologia di distributori.

Oltre all'individuazione del percorso di minimo costo, un secondo importante output consiste nel **costo sociale cumulato** ad esso associato, secondo la seguente formulazione:

$$CS_p = N \sum_k CS_{ij}$$

Dove:

- $CS_p$  è il costo sociale associato all'intero percorso, espresso in €/anno;
- $N$  è il numero di autocisterne/anno, calcolato sulla base della domanda annua di GNL di ogni singolo punto rete, ed ipotizzando una capacità di 20t per ogni veicolo;
- $CS_{ij}$  è il costo sociale associato ad ogni singolo arco che compone il percorso;

Grazie a questo indicatore diviene pertanto possibile:

- confrontare diverse località di origine (porti) per individuare quella ottimale a servire una specifica destinazione (punto rete);
- confrontare diversi assetti di rete. Infatti, sommando tutti i costi sociali di tutti i percorsi considerati all'interno di un particolare assetto (Es: utilizzo del porto A o del porto B), si ottiene una stima del suo costo sociale complessivo.

Nei paragrafi seguenti, verranno analizzati due differenti ipotesi:

- la disponibilità di un solo punto di ingresso (modello SOMD), identificato nel Porto di Oristano;
- la disponibilità di molteplici punti di ingresso (modello MOMD).

### 3.19.3 Assegnazione alla rete: caso di una singola origine

In questa prima ipotesi, vengono identificati gli itinerari di minor rischio da un singolo punto di partenza. In particolare, viene utilizzato il Porto di Santa Giusta ad Oristano.

La Figura 175 riporta cartograficamente i percorsi selezionati, rappresentando tramite lo spessore dell'arco, il numero di autocisterne GNL associato.

Una volta lasciato il porto, i flussi tendono a distribuirsi in quote simili fra le direttrici nord e sud.

I flussi diretti verso sud utilizzano inizialmente la Carlo Felice, per poi lasciarla all'altezza di Sanluri, e continuando in direzione sud attraverso percorsi meno urbanizzati, e quindi meno socialmente costosi. Superata Siliqua, i flussi si dividono fra la est (Cagliari) e ovest (Porto Vesme), continuando a prediligere la rete locale.

Per quanto riguarda i flussi diretti verso nord, questi tendono a non utilizzare la Carlo Felice, che transita vicino all'area urbana di Oristano e prediligere la rete locale lungo la valle del Tirso. Una volta entrati nella Provincia di Sassari, le due principali componenti si separano, proseguendo distintamente verso Olbia e Sassari.

E' possibile effettuare la stessa elaborazione anche per i porti di Porto Torres (Figura 176), Golfo Aranci (Figura 177), Porto Vesme (Figura 178) e Cagliari (Figura 179), calcolando per ognuno il relativo costo sociale complessivo (Tabella 58).

PORTO	costo sociale €/anno
Porto Torres	7.485
Golfo Aranci	10.430
Oristano S.ta Giusta	4.488
Porto Vesme	6.338
Cagliari	8.133

Fonte: elaborazione META

Tabella 58 - Percorrenze per strada statale

Dal confronto dei differenti costi sociali risulta evidente come il porto di Oristano Santa Giusta risulti la scelta socialmente meno impattante, seguita da Porto Vesme, Porto Torres e Cagliari. Golfo Aranci risulta penalizzato da un indice di incidentalità particolarmente elevato associato alle SP16 ed SP82, che allo stesso tempo costituiscono un passaggio obbligato per l'uscita dal porto<sup>47</sup>.

---

<sup>47</sup> Tale valore può anche essere esito di una sottostima dei flussi veicolari su quelle infrastrutture, a sua volta dovuto alla mancanza di dati di validazione nell'area in fase di calibrazione del modello.

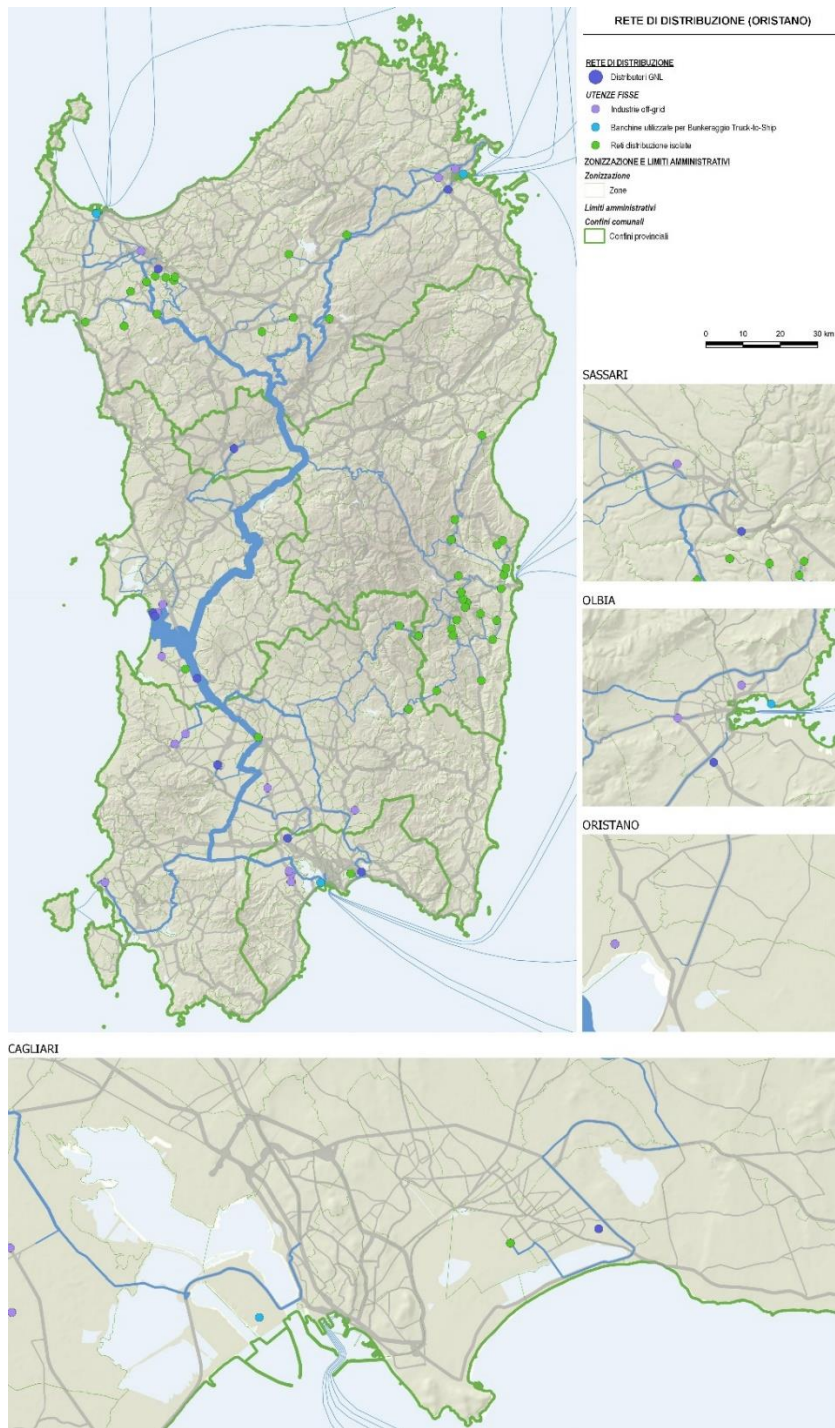
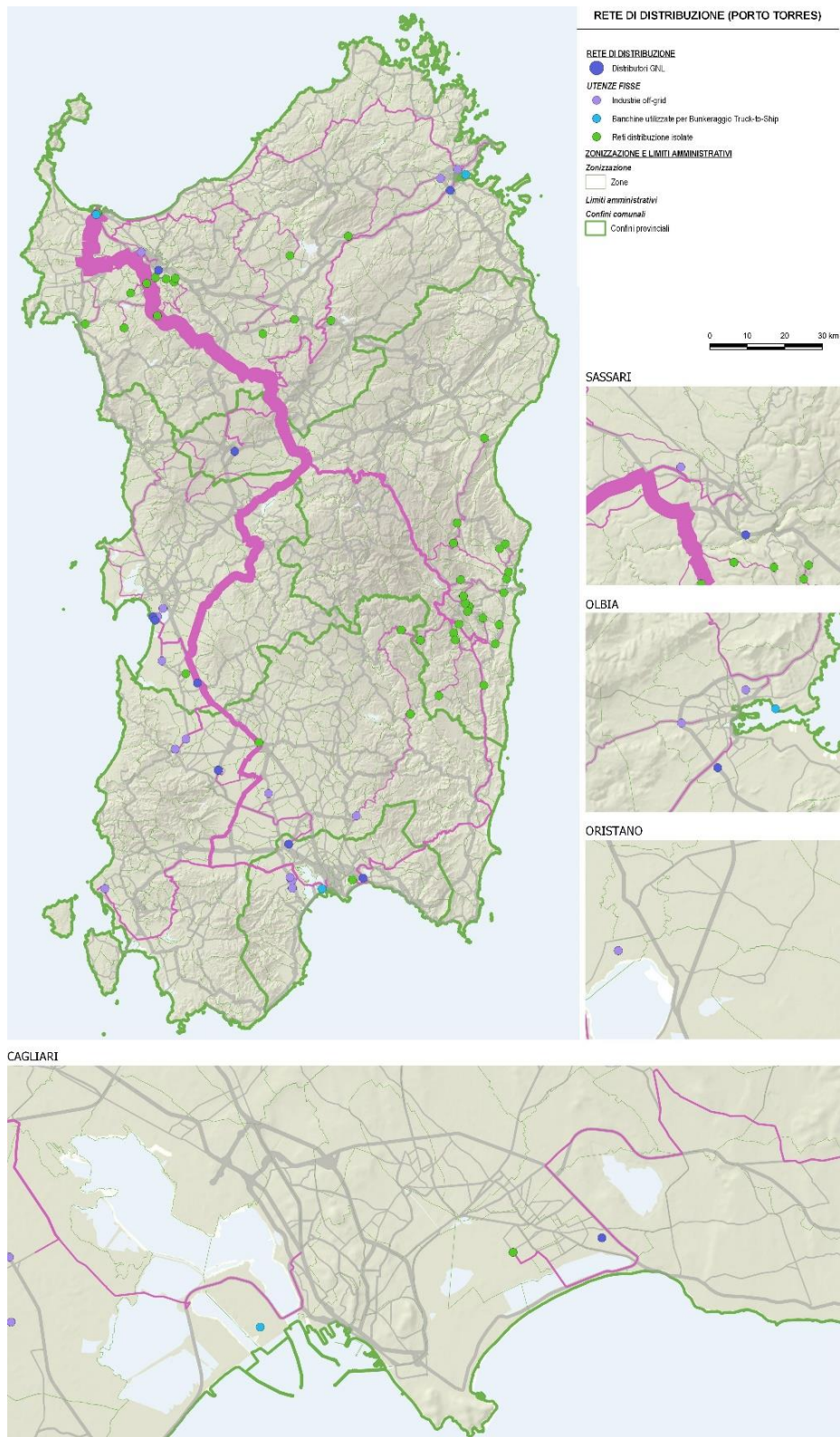
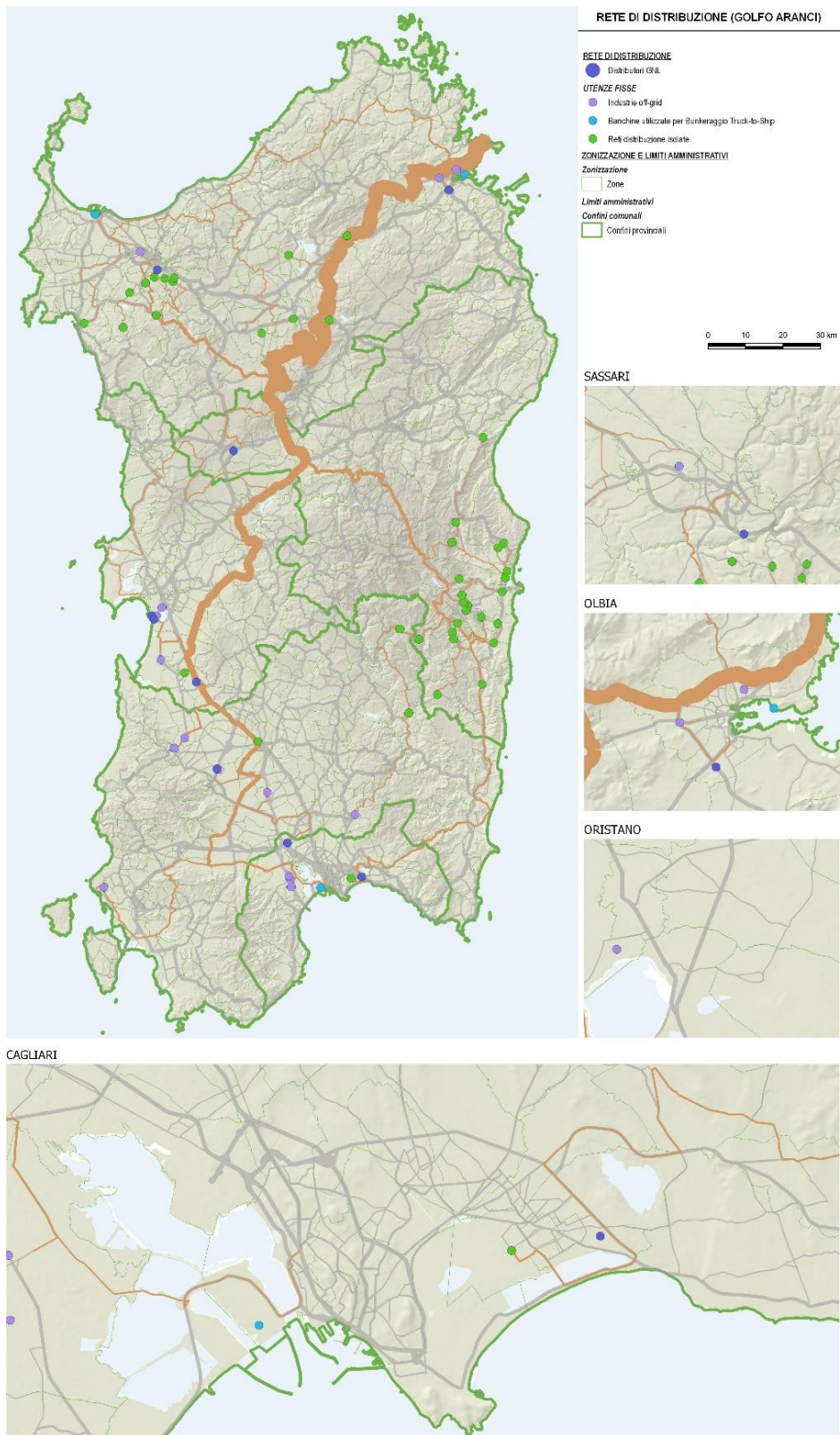


Figura 175 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Oristano



Fonte: elaborazione META

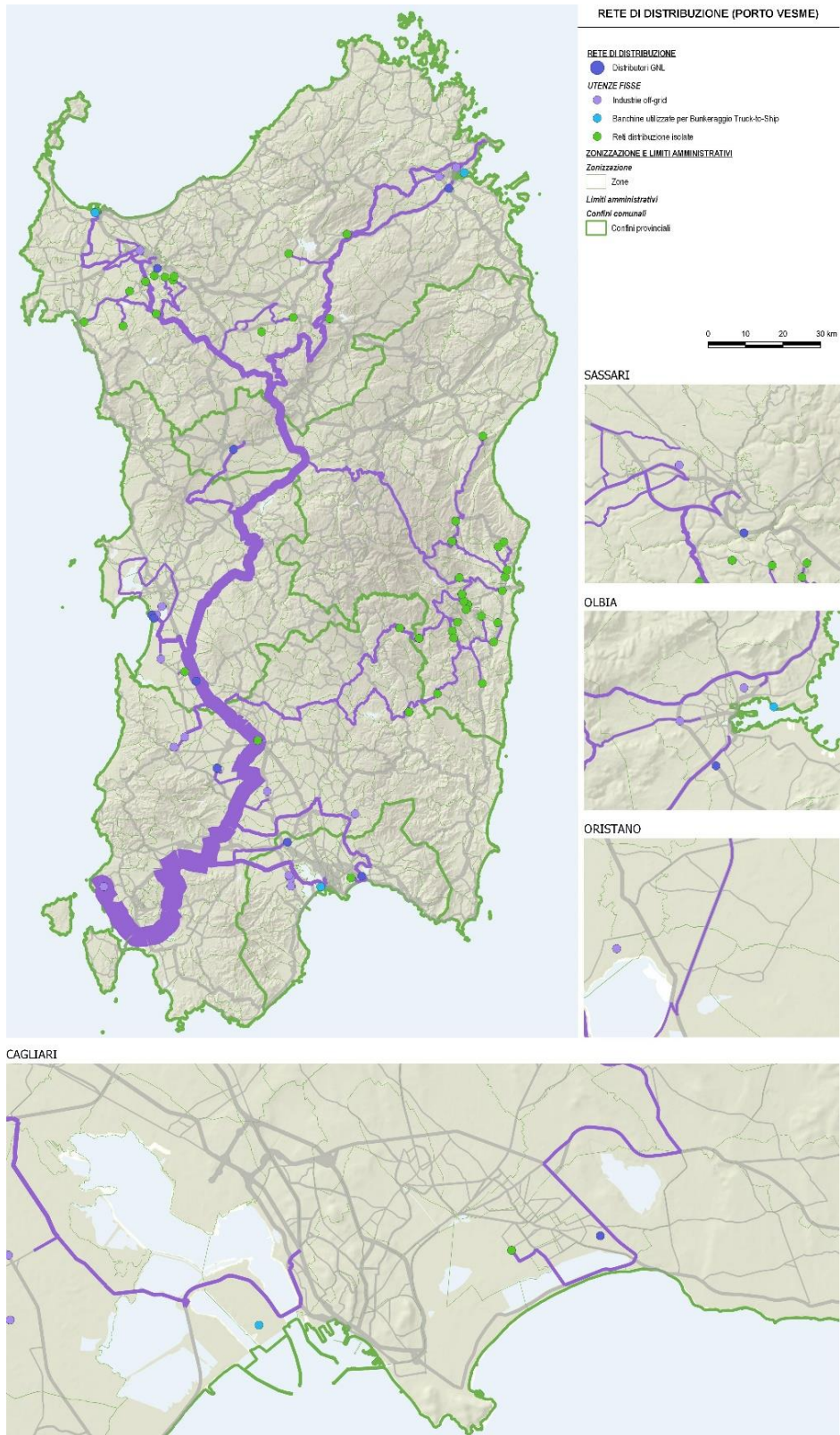
Figura 176 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio Porto Torres



Fonte: elaborazione META

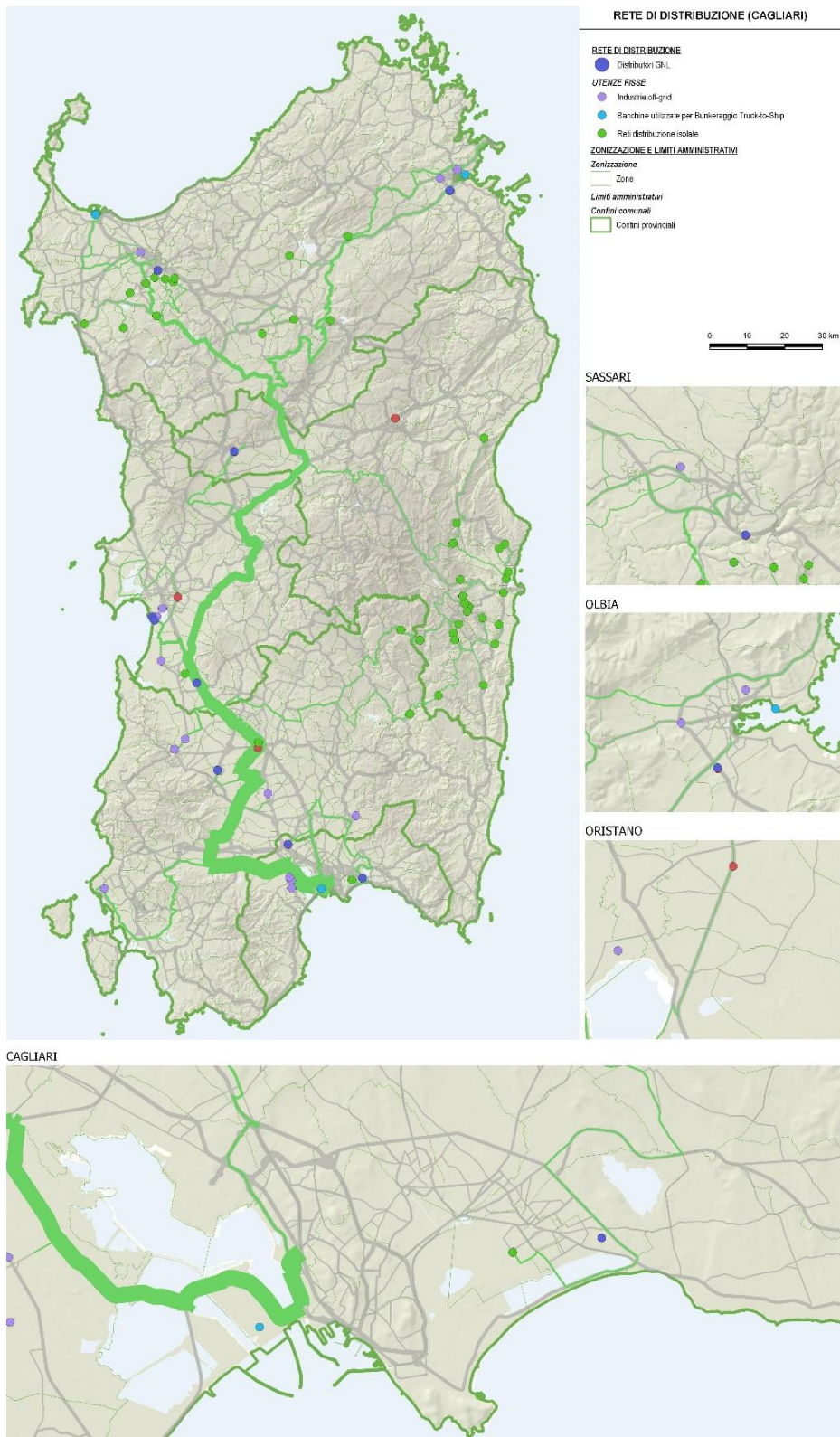
Figura 177 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Olbia





Fonte: elaborazione META

Figura 178 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal Porto Vesme



Fonte: elaborazione META

Figura 179 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Cagliari

### 3.19.4 Assegnazione alla rete: caso di più località di origine

In questa seconda ipotesi, viene valutata la disponibilità contemporanea di tutte le località di origine viste nel paragrafo precedente. Pertanto, per ogni destinazione viene selezionata soltanto l'origine raggiungibile tramite l'itinerario di minor costo sociale.

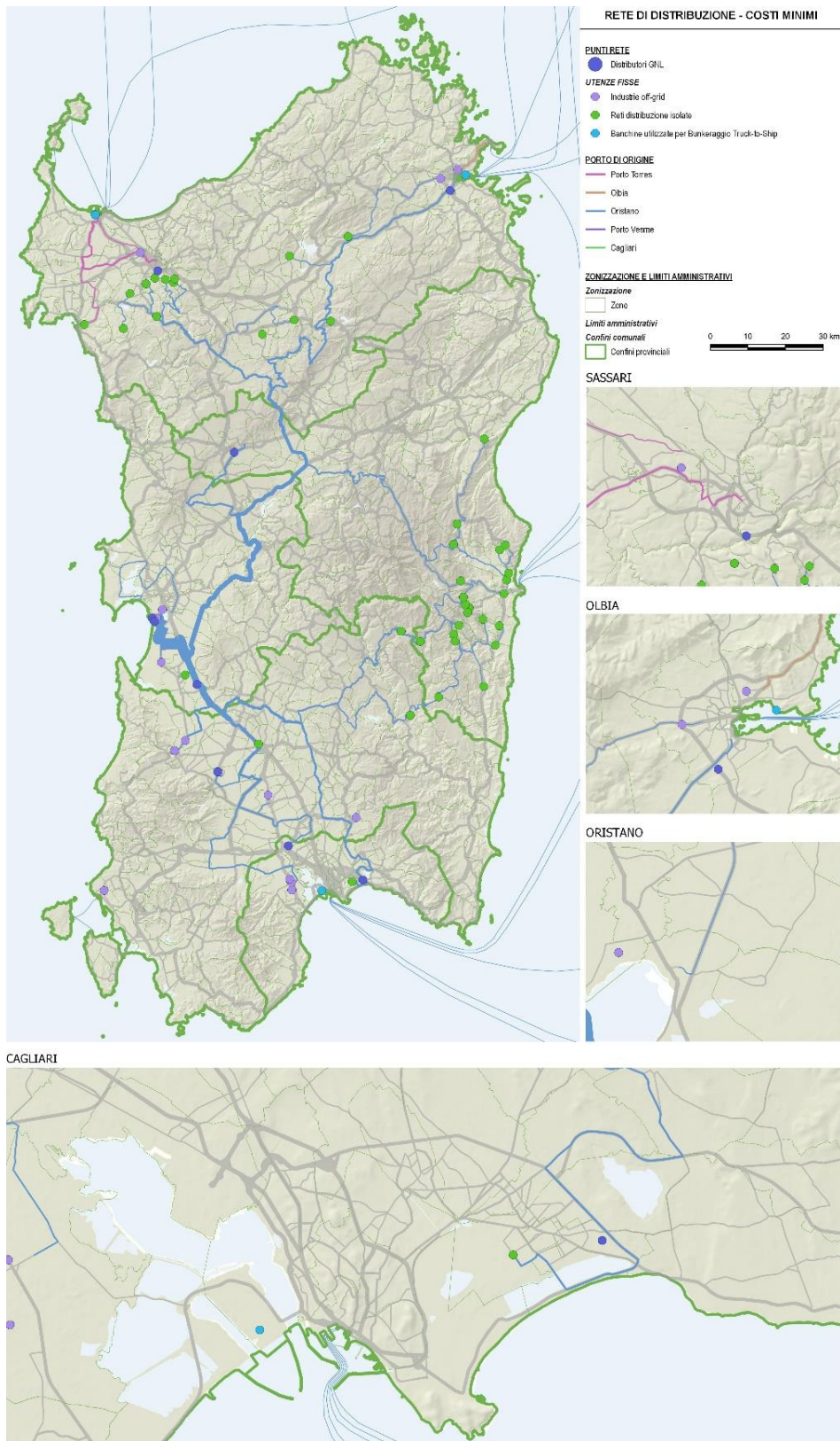
I risultati di tale operazione sono riportati in Figura 180. Come immaginabile, il porto di Oristano Santa Giusta rimane quello di riferimento per la maggior parte delle destinazioni.

Le uniche eccezioni riscontrate riguardano il territorio a Ovest della Città di Sassari, che finisce con rientrare sotto Porto Torres. Effetti simili non si verificano negli altri tre porti, per motivi fra loro differenti:

- Il porto di Cagliari è molto vicino alla città, per cui il danno potenziale risulta particolarmente elevato;
- Porto Vesme non ha delle destinazioni di interesse nell'entroterra, sulle quali risulti vantaggioso rispetto a Oristano;
- Golfo Aranci, come già visto nel paragrafo precedente, è penalizzato invece da elevati tassi di incidentalità su entrambe le strade di accesso al porto.

In questi casi, le uniche destinazioni vantaggiose risultano essere quelle nelle immediate vicinanze del porto (o dentro al porto), quali ad esempio le banchine usate per il bunkeraggio *truck to ship*.

Nell'insieme, il costo sociale complessivo associabile a quest'ultima ipotesi è di **3'784 € /anno**, inferiore quindi del 20% rispetto allo scenario esclusivamente basato sul porto di Oristano. Questo risparmio pare associato soprattutto ai transiti evitati nell'area urbana di Sassari, vista la disponibilità di un luogo di origine a Porto Torres.



Fonte: elaborazione META

Figura 180 - Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio assoluto

### 3.19.5 Riflessioni conclusive

La presente relazione ha illustrato i risultati finali delle elaborazioni connesse all'identificazione degli itinerari di minimo rischio per la distribuzione del GNL in territorio sardo, definiti facendo riferimento allo scenario di penetrazione base.

La metodologia adottata si articola nei seguenti passaggi fondamentali:

- verifica della configurazione della rete distributiva GNL sull'isola, in relazione alle iniziative in corso, nonché a considerazioni d'ordine teorico relative alla distribuzione ottimale dei punti-rete deputati alla vendita di carburante per autotrazione, e conseguente determinazione della matrice origine/destinazione (O/D) dei movimenti annuali di autobotti criogeniche nelle situazioni SOMD (*single origin multiple destination*, caso in cui l'unico punto di sbarco è costituito dal porto di Oristano) e MOMD (*multiple origin multiple destination*, caso in cui si aggiungono gli scali di Porto Torres, Golfo Aranci, Port Vesme e Cagliari);
- analisi dei dati di incidentalità sulla rete stradale sarda, con stima della probabilità di un sinistro che coinvolga un'autobotte criogenica;
- stima del danno potenziale associato a tale sinistro, con riferimento alle conseguenze sulla popolazione umana (occupanti dei veicoli in transito e residenti nei pressi della strada) e sull'ambiente naturale (aree ricomprese nella rete Natura 2000);
- calcolo, come prodotto dei due precedenti fattori, del rischio sociale associato al transito di un'autobotte criogenica su ciascun singolo arco della rete stradale sarda;
- identificazione degli itinerari di minimo rischio sociale, e determinazione dei corrispondenti costi, nelle diverse configurazioni di rete ipotizzate.

Il risultato ottenuto conferma la bontà della scelta del porto di Oristano che, oltre a trovarsi in una posizione abbastanza baricentrica rispetto ai luoghi di consumo, dispone anche di una viabilità di accesso che consente di evitare il transito all'interno delle aree urbane. Meno efficace, per motivi di volta in volta differenti, appare il ricorso agli scali di Golfo Aranci, Porto Vesme o Cagliari, penalizzati talora da una posizione eccentrica rispetto alla geografia dei consumi previsti, talora da problemi di incidentalità e/o di elevata presenza di popolazione esposta sulla viabilità di accesso. Un po' differente appare il caso di Porto Torres, che rappresenterebbe la soluzione di minor rischio sociale per i punti-rete localizzati nell'estremo quadrante nord-occidentale dell'isola, raggiungibile da Oristano soltanto interessando l'area urbana di Sassari. L'impiego di questo secondo scalo consentirebbe di ridurre il rischio sociale connesso alla circolazione di autocisterne criogeniche all'incirca del 20%.

Peraltro, in vista del pratico sviluppo dello schema del downstream del GNL per la Sardegna, risulta opportuno che i risultati qui sommariamente esposti vengano ben ponderati in funzione di considerazioni di diversa natura, quali ad esempio:

- l'entità dei normali costi di esercizio della circolazione di autocisterne (costo del lavoro, consumi, ammortamento dei mezzi) che, a seconda delle diverse condizioni di circolazione, può assumere valori compresi tra 1 e 2 €/veicolo-km, dunque molti ordini di grandezza più elevato del valore unitario di rischio sociale<sup>48</sup>;
- l'entità dei costi di realizzazione e gestione di un secondo punto d'approdo, a fronte di un risparmio sul versante del rischio sociale, valutato in poche centinaia di €/anno.

Ciò nondimeno, la metodologia qui utilizzata presenta il pregio di consentire una verifica "fine" dei costi sociali connessi all'attraversamento di tratte particolarmente sensibili, ad esempio urbane, evidenziando l'importanza, per la ricerca della soluzione migliore, delle condizioni connesse all'ultimo miglio. Tale problematica, peraltro, finisce per saldarsi con il tema della sicurezza delle operazioni di carico/scarico presso i depositi.

### **3.20 La valutazione dei benefici ambientali (applicazione alla realtà della Sardegna)**

Nel presente paragrafo viene descritta un'applicazione al caso della Sardegna della metodologia descritta nelle Linee Guida del progetto SIGNAL per la valutazione dei benefici ambientali, legati alla transizione dagli scenari di consumi e mix energetici attuali verso un più diffuso utilizzo del Gas Liquefatto Naturale (GNL) come combustibile.

In accordo con le Linee Guida, i consumi sono stati divisi nei seguenti principali settori: Residenziale, Terziario, Industriale, Trasporti marini, Trasporti terrestri, Produzione termoelettrica su larga scala.

Sono stati considerati i seguenti inquinanti:

- Monossido di carbonio (CO);
- Biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>);
- Ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>);
- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- Polveri sottili (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>).

---

<sup>48</sup> Rapportando la stima monetaria del rischio sociale (4.358 €/anno) al volume di traffico pesante complessivo (294 milioni di veicoli-km/anno), si ottiene un valore unitario pari a circa 1.500 €/100 milioni di veicoli-km, ovvero 15 milionesimi di €/veicolo-km.

I dati di consumo energetico sono stati illustrati nel Capitolo 3.9. Essi rappresentano valori aggregati per settore, su scala annuale e suddivisi in base al tipo di combustibile con cui tale fabbisogno è soddisfatto. Nello stesso capitolo, vengono analizzati due diversi scenari di evoluzione, entrambi considerati nell'analisi dei benefici ambientali. Gli scenari proposti fissano l'orizzonte temporale al 2030, ma con differenze importanti. Lo scenario "BASE" immagina che non ci siano misure particolari per supportare la transizione verso il GNL, ipotizzando che non vengano rispettate le misure di politica ambientale (aree SECA, quadro regolatorio ARERA, disposizioni del PNIEC). Contrariamente, lo scenario "ALTA PENETRAZIONE (AP)" suppone che vengano adottate misure di sostegno per la diffusione del GNL e GNC, e l'attuazione di tutte le misure di politica ambientale elencate in precedenza.

Il settore "Produzione termoelettrica su larga scala" è stato analizzato singolarmente, in quanto gode di una importanza da poter giustificare una eventuale riconversione del settore termoelettrico sardo senza che gli altri settori siano coinvolti.

Anche il settore dei "Trasporti terrestri" è stato analizzato singolarmente. Ciò è stato necessario considerando la complessità del settore stesso e il bisogno di applicare una metodologia specifica per la valutazione dei benefici ambientali, che verrà illustrata separatamente.

### 3.20.1 Consumi finali di energia

I consumi finali di energia considerati sono stati riportati in Tabella 59 (crf. Paragrafo 3.9 – Anno 2019).

I dati riportati rappresentano lo scenario attuale, i cui livelli di emissione per gli inquinanti considerati verranno utilizzati come termine di paragone per poter valutare gli eventuali benefici ambientali legati alla transizione verso l'uso più diffuso del GNL come combustibile.

<b>Residenziale</b>	
<i>Tot GASOLIO 2019</i>	94 ktep
<i>Tot GPL 2019</i>	106 ktep
<b>Terziario</b>	
<i>Tot GASOLIO 2019</i>	8 ktep
<i>Tot GPL 2019</i>	8 ktep
<b>Industriale</b>	
<i>Tot COKE da petrolio 2019</i>	75 ktep

<i>Tot OLIO COMB 2019</i>	75 ktep
<i>Tot GPL 2019</i>	35 ktep
<b>Trasporti</b>	
<i>Tot Leggero 2019</i>	905 ktep
<i>Gasolio Leggero 2019</i>	724 ktep
<i>Benzina Leggero 2019</i>	253.4 ktep
<i>GPL Leggero 2019</i>	18.1 ktep
<i>Tot GASOLIO Pesante 2019</i>	104 ktep
<i>Tot Marino 2019</i>	185 ktep
<i>Olio Comb Marino 2019</i>	157.25 ktep
<i>Gasolio Marino 2019</i>	27.75 ktep
<b>Termoelettrico</b>	
<i>Tot COKE da petrolio 2019</i>	183 ktep

Tabella 59 - Consumi Energetici Finali per l'anno 2019

### 3.20.2 Fattori di Emissione

I fattori di emissione impiegati in questa analisi sono stati tratti dal “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”<sup>49</sup>. Il database fornisce diversi livelli di dettaglio e specificità crescente per la determinazione dei fattori di emissione, denominati TIER 1, TIER 2, TIER3.

Nella presente analisi, dato che la scala di analisi è pari ad una intera regione, i fattori di emissione sono stati scelti tra i TIER 1, i quali sono determinati considerando una tecnologia di produzione e una sistema di abbattimento tipici per il settore in esame.

Poiché l’Handbook EMEP/EEA non fornisce valori per i fattori di emissione del biossido di carbonio, è stato necessario considerare anche una seconda fonte (Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia – ISPRA, 2019)<sup>50</sup> la quale ha fornito i dati mancanti.

Per quanto riguarda riguarda i fattori di emissione per la CO<sub>2</sub> nel settore marino (sia olio che gasolio marini), si è fatto riferimento alla direttiva IMO del 2014 (“*Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Index (EEDI) for new ships - Resolution*

<sup>49</sup> Disponibile online: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

<sup>50</sup> <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-la-produzione-ed-il-consumo-di-energia-elettrica-in-italia/view>



MEPC 245 (66), 2014). Le informazioni mancanti sui fattori di emissione per le navi alimentate a GNL sono state tratte dalla letteratura<sup>51</sup>, e sono stati considerati come una percentuale ridotta dei fattori di emissione nel caso di navi alimentate a combustibili fossili (MDO – marine diesel oil e MGO – marine gas oil). A questo riguardo, va puntualizzato che il calcolo delle emissioni di monossido di carbonio non è stato considerato nel caso di navi alimentate a GNL. Questo perché le emissioni di questo inquinante sono dipendenti in modo stretto con la tipologia di motore: considerare una nave che è alimentata nativamente a GNL è molto diverso rispetto a considerare una nave il cui sistema di alimentazione sia stato riconvertito dagli oli combustibili all’uso del gas naturale. I motori moderni sono ottimizzati per garantire bassi consumi e minimizzare le emissioni di inquinanti, sia nella loro struttura intrinseca, sia nella messa a punto dei sistemi di iniezione, ignizione e controllo che sono definiti “su misura” per lo specifico combustibile per cui sono stati progettati e la loro riconversione, per l’impiego di combustibili a minore impatto ambientale, non sempre riesce a soddisfare la ricerca di un miglioramento di tutti i parametri.

Nella Tabella 60 sono riportati tutti i fattori di emissione impiegati, con riferimento allo specifico settore ed allo specifico inquinante. Nella tabella è riportata anche la fonte da cui ogni coefficiente è stato tratto.

---

<sup>51</sup> “*Physical Characteristics of Particle Emissions from a Medium Speed Ship Engine Fueled with Natural Gas and Low-Sulfur Liquid Fuels*”, Jenni Alanen, Mia Isotalo, Niina Kuittinen, Pauli Simonen, Sampsa Martikainen, Heino Kuuluvainen, Mari Honkanen, Kati Lehtoranta, Sami Nyysönen, Hannu Vesala, Hilikka Timonen, Minna Aurela, Jorma Keskinen, and Topi Rönkkö DOI: 10.1021/acs.est.9b06460

**Residenziale + Terziario** - Fonti: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia (ISPRA) 2019

Settore EMEP/EEA	TIER - Fonte	Categoria Combustibile TIER 1	Combustibile	Sostanza	Valore EF	UM
Residential plants	Tier 2 emission factor	Gas Oil	Gasolio	PM10	1.5	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Gas Oil	Gasolio	PM2.5	1.5	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Gas Oil	Gasolio	NOx	69	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Gas Oil	Gasolio	SOx	79	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Gas Oil	Gasolio	CO	3.7	g/GJ
NA	ISPRA	Gas Oil	Gasolio	CO2	730.5	g CO2/ kWh
Residential plants	Tier 1 emission factor	Gaseous Fuels	GPL	PM10	1.2	g/GJ
Residential plants	Tier 1 emission factor	Gaseous Fuels	GPL	PM2.5	1.2	g/GJ
Residential plants	Tier 1 emission factor	Gaseous Fuels	GPL	NOx	51	g/GJ
Residential plants	Tier 1 emission factor	Gaseous Fuels	GPL	SOx	0.3	g/GJ
Residential plants	Tier 1 emission factor	Gaseous Fuels	GPL	CO	26	g/GJ
NA	ISPRA	Gaseous Fuels	GPL	CO2	392.5	g CO2/ kWh
Residential plants	Tier 2 emission factor	Natural Gas	NLG	PM2.5	0.2	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Natural Gas	NLG	PM10	0.2	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Natural Gas	NLG	NOx	42	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Natural Gas	NLG	SOx	0.3	g/GJ
Residential plants	Tier 2 emission factor	Natural Gas	NLG	CO	22	g/GJ
NA	ISPRA	Natural Gas	NLG	CO2	367.5	g CO2/ kWh

**Industriale** - Fonti: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia (ISPRA) 2019

Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Heavy Fuel Oil	Coke da petrolio	PM2.5	19.3	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Heavy Fuel Oil	Coke da petrolio	PM10	25.2	g/GJ

Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Heavy Fuel Oil	Coke da petrolio	NOx	142	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Heavy Fuel Oil	Coke da petrolio	SOx	495	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Heavy Fuel Oil	Coke da petrolio	CO	5	g/GJ
NA	ISPRA	Heavy Fuel Oil	Coke da petrolio	CO2	755.4	g CO2/ kWh
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gas oil	Olio comb	PM2.5	0.8	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gas oil	Olio comb	PM10	3.2	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gas oil	Olio comb	NOx	65	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gas oil	Olio comb	SOx	46.5	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gas oil	Olio comb	CO	16.2	g/GJ
NA	ISPRA	Gas oil	Olio comb	CO2	770.5	g CO2/ kWh
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gaseous fuels	GPL	PM2.5	0.89	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gaseous fuels	GPL	PM10	0.89	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gaseous fuels	GPL	NOx	89	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gaseous fuels	GPL	SOx	0.281	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 1 emission factor	Gaseous fuels	GPL	CO	39.3	g/GJ
NA	ISPRA	Gaseous fuels	GPL	CO2	392.5	g CO2/ kWh
Public electricity and heat production	Tier 2 emission factor	Gaseous Fuels	NLG	PM2.5	0.2	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 2 emission factor	Gaseous Fuels	NLG	PM10	0.2	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 2 emission factor	Gaseous Fuels	NLG	NOx	153	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 2 emission factor	Gaseous Fuels	NLG	SOx	0.281	g/GJ
Public electricity and heat production	Tier 2 emission factor	Gaseous Fuels	NLG	CO	4.8	g/GJ
NA	ISPRA	Gaseous Fuels	NLG	CO2	350.3	g CO2/ kWh

**Trasporto Marino** - Fonti: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - IMO Resolution MEPC 245 (66) 2014 'Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Index (EEDI) for new ships' - Physical Characteristics of Particle Emissions from a Medium Speed Ship Engine Fueled with Natural Gas and Low-Sulfur Liquid Fuels

National navigation	Tier 1 emission factor	Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)	MDO/MGO	PM2.5	1.4	kg/tonne fuel
National navigation	Tier 1 emission factor	Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)	MDO/MGO	PM10	1.5	kg/tonne fuel
National navigation	Tier 1 emission factor	Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)	MDO/MGO	NOx	78.5	kg/tonne fuel
National navigation	Tier 1 emission factor	Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)	MDO/MGO	SOx	20	kg/tonne fuel
National navigation	Tier 1 emission factor	Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)	MDO/MGO	CO	7.4	kg/tonne fuel
NA	IMO	Marine gas oil	MGO	CO2	3.1	tCO2/t fuel
NA	IMO	Marine diesel oil	MDO	CO2	3.2	tCO2/t fuel
NA	Litterature	Natural Gas	LNG	PM2.5	0.14	kg/tonne fuel
NA	Litterature	Natural Gas	LNG	PM10	0.15	kg/tonne fuel
NA	Litterature	Natural Gas	LNG	NOx	31.4	kg/tonne fuel
NA	Litterature	Natural Gas	LNG	SOx	2	kg/tonne fuel
NA	Litterature	Natural Gas	LNG	CO	NA	kg/tonne fuel
NA	Litterature	Natural Gas	LNG	CO2	2.5	tCO2/t fuel

Tabella 60 - Fattori di emissione impiegati, suddivisi per settore ed inquinante

### 3.20.3 Calcolo delle Emissioni – Situazione Attuale

Le emissioni sono calcolabili attraverso la seguente formula

$$M_{inquinante,anno} = FE_{inquinante} \cdot C_{energia,anno}(1)$$

Dove:

- $M_{inquinante,anno}$  indica la quantità di inquinante immessa in atmosfera in un anno [ton, Mton];
- $FE_{inquinante}$  è il fattore di emissione per l'inquinante considerato [g/GJ, g/kWh];
- $C_{energia,anno}$  è il consumo di energia annuo derivante dal combustibile in esame [GJ, kWh];

in alcuni casi il fattore di emissione è espresso come rapporto tra masse (ad es kg/ton<sub>combustibile</sub>): in questo caso,  $FE_{inquinante}$  verrà moltiplicato per la massa totale di combustibile impiegata annualmente, per cui è necessario considerare il Potere Calorifico Inferiore (PCI) del combustibile in esame.

In Tabella 61 si riportano i PCI per ogni combustibile considerato nell'analisi dei benefici ambientali.

<b>PCI</b>	
Gasolio (Diesel)	42.6 MJ/kg
Coke da petrolio (Petroleum Coke)	29.5 MJ/kg
Olio Comb (Gas Oil)	42.8 MJ/kg
GPL (LPG)	45.5 MJ/kg
Gasolio Marino (MGO-MDO)	42.8 MJ/kg
Benzina (Gasoline)	43.4 MJ/kg
LNG	48.6 MJ/kg

Tabella 61 - Potere Calorifico Inferiore per ogni combustibile analizzato

Per brevità si riporta in Tabella 62 un esempio di calcolo per i settori residenziale e terziario, utilizzando i fattori di emissione presentati in precedenza nella Tabella 60. I consumi energetici fanno riferimento ai valori presentati in Tabella 59.

### Residenziale

Tot GASOLIO 2019	3935592	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	1093220000	kWh	PM2.5	1.5	g/GJ	5903388	5.9
			PM10	1.5	g/GJ	5903388	5.9
			NOx	69	g/GJ	271555848	271.6
			SOx	79	g/GJ	310911768	310.9
			CO	3.7	g/GJ	14561690.4	14.6
			CO2	730.6	g / kWh	7.987E+11	798700.2
Tot GPL 2019	4438008	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	1232780000	kWh	PM2.5	1.2	g/GJ	5325609.6	5.3
			PM10	1.2	g/GJ	5325609.6	5.3
			NOx	51	g/GJ	226338408	226.3
			SOx	0.3	g/GJ	1331402.4	1.3
			CO	26	g/GJ	115388208	115.4
			CO2	392.5	g / kWh	4.83874E+11	483874.2

### Terziario

Tot GASOLIO 2019	334944	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	93040000	kWh	PM2.5	1.5	g/GJ	502416	0.5
			PM10	1.5	g/GJ	502416	0.5
			NOx	69	g/GJ	23111136	23.1
			SOx	79	g/GJ	26460576	26.5
			CO	3.7	g/GJ	1239292.8	1.2
			CO2	730.6	g / kWh	67974483804	67974.5
Tot GPL 2019	334944	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	93040000	kWh	PM2.5	1.2	g/GJ	401932.8	0.4
			PM10	1.2	g/GJ	401932.8	0.4
			NOx	51	g/GJ	17082144	17.1
			SOx	0.3	g/GJ	100483.2	0.1
			CO	26	g/GJ	8708544	8.7
			CO2	392.5	g / kWh	36518806514	36518.8

Tabella 62 - Esempio di calcolo di emissioni annue totali, settore residenziale e terziario

A questo punto è possibile caratterizzare le emissioni globalmente emesse, disaggregate per tipo di inquinante, durante l'anno 2019 per la Regione Sardegna (Tabella 63)

Totale emissione per inquinante scenario attuale		UM
PM2.5	329.9	ton
PM10	374.1	ton
NOx	15524.8	ton
SOx	5659	ton
CO	1603.2	ton
CO2	3.4	Mton

Tabella 63 - Totale emissioni Regione Sardegna per l'anno 2019

La Tabella 64 riporta l'analisi del settore termoelettrico

Totale emissione per inquinante scenario attuale - SOLO TERMOELETTTRICO		UM
PM2.5	147.9	ton
PM10	193.1	ton
NOx	1088.0	ton
SOx	3792.6	ton
CO	38.3	ton
CO2	1.6	Mton

Tabella 64 - Emissioni annue totali, settore termoelettrico

### 3.20.4 Calcolo delle Emissioni – Scenario “Base” ed “Alta Penetrazione”

Operativamente, la metodologia per il calcolo delle emissioni future è la stessa di quella analizzata nel capitolo precedente, e si concretizza nell'applicazione della Eq. (1). Ciò che invece è differente, è il mix di prodotti petroliferi e di GNL che è in grado di coprire i fabbisogni energetici della Regione Sardegna, proiettati secondo i due diversi scenari (Base ed Alta Penetrazione) ad un orizzonte temporale di 10 anni così come riportato nel paragrafo 3.12. Questo passaggio è fondamentale per poter individuare la quota dei consumi energetici per ogni settore che effettivamente può essere sostituita dall'uso del GNL. Grazie a queste proiezioni è possibile calcolare il nuovo prospetto dei consumi energetici per gli scenari proposti, analogamente a quanto illustrato in Tabella 59. I risultati di questo passaggio chiave per il calcolo dei benefici ambientali sono illustrati in Tabella 65.

A questo punto, è possibile procedere in maniera analoga a quanto illustrato precedentemente nel paragrafo “Calcolo delle Emissioni – Situazione Attuale” per poter ottenere i totali in massa, su base annua, degli inquinanti considerati, utilizzando i fattori di emissione riportati in Tabella 60, suddividendo nuovamente i settori, e considerando la produzione termoelettrica come caso separato.

La Tabella 65 - Consumi energetici finali proiettati al 2030 secondo gli scenari ipotizzati



riporta un esempio di calcolo delle emissioni per i due scenari futuri, considerando il solo settore residenziale.

SCENARIO BASE			SCENARIO AP		
Residenziale			Residenziale		
<i>tot GASOLIO 2019</i>	74	ktep	<i>tot GASOLIO 2019</i>	42.5	ktep
<i>quota LNG</i>	20	ktep	<i>quota LNG</i>	51.5	ktep
<i>Tot GPL 2019</i>	86	ktep	<i>Tot GPL 2019</i>	54.5	ktep
<i>quota LNG</i>	20	ktep	<i>quota LNG</i>	51.5	ktep
Terziario			Terziario		
<i>tot GASOLIO 2019</i>	3	ktep	<i>tot GASOLIO 2019</i>	0	ktep
<i>quota LNG</i>	5	ktep	<i>quota LNG</i>	8	ktep
<i>Tot GPL 2019</i>	3	ktep	<i>Tot GPL 2019</i>	0	ktep
<i>quota LNG</i>	5	ktep	<i>quota LNG</i>	8	ktep
Industriale			Industriale		
<i>Tot COKE da petrolio 2019</i>	31.5	ktep	<i>Tot COKE da petrolio 2019</i>	12.5	ktep
<i>quota LNG</i>	43.5	ktep	<i>quota LNG</i>	62.5	ktep
<i>Tot OLIO COMB 2019</i>	31.5	ktep	<i>Tot OLIO COMB 2019</i>	12.5	ktep
<i>quota LNG</i>	43.5	ktep	<i>quota LNG</i>	62.5	ktep
<i>Tot GPL 2019</i>	15	ktep	<i>Tot GPL 2019</i>	8	ktep
<i>quota LNG</i>	20	ktep	<i>quota LNG</i>	27	ktep
Trasporti			Trasporti		
<i>Olio Comb Marino 2019</i>	143.4	ktep	<i>Olio Comb Marino 2019</i>	98.0	ktep
<i>quota LNG</i>	13.9	ktep	<i>quota LNG</i>	59.2	ktep
<i>Gasolio Marino 2019</i>	13.9	ktep	<i>Gasolio Marino 2019</i>	12.9	ktep
<i>quota LNG</i>	13.9	ktep	<i>quota LNG</i>	14.8	ktep
Termoelettrico			Termoelettrico		
<i>Tot COKE da petrolio 2019</i>	152.7	ktep	<i>Tot COKE da petrolio 2019</i>	53	ktep
<i>quota LNG</i>	30.3	ktep	<i>quota LNG</i>	130	ktep

Tabella 65 - Consumi energetici finali proiettati al 2030 secondo gli scenari ipotizzati

## EMISSIONI SCENARIO BASE

tot GASOLIO BASE	3098232	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	860620000	kWh	PM2.5	1.5	g/GJ	4647348	4.6
			PM10	1.5	g/GJ	4647348	4.6
			NOx	69	g/GJ	213778008	213.7
			SOx	79	g/GJ	244760328	244.7
			CO	3.7	g/GJ	11463458.4	11.4
			CO2	730.6	g / kWh	6.2876E+11	628763
Tot GPL BASE	3600648	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	1000180000	kWh	PM2.5	1.2	g/GJ	4320777.6	4.3
			PM10	1.2	g/GJ	4320777.6	4.3
			NOx	51	g/GJ	183633048	183.6
			SOx	0.3	g/GJ	1080194.4	1.1
			CO	26	g/GJ	93616848	93.6
			CO2	392.5	g / kWh	3.9258E+11	392577
Tot GNL BASE	1674720	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	465200000	kWh	PM2.5	0.2	g/GJ	502416	0.5
			PM10	0.2	g/GJ	502416	0.5
			NOx	42	g/GJ	23111136	23.1
			SOx	0.3	g/GJ	26460576	26.4
			CO	22	g/GJ	36843840	36.8
			CO2	367.5	g / kWh	1.7095E+11	170953

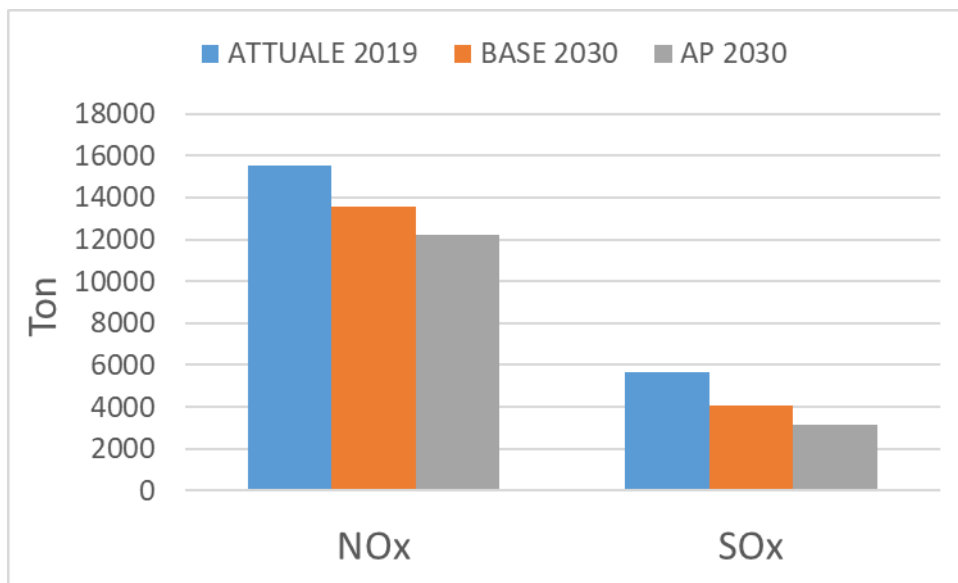
## EMISSIONI SCENARIO AP

tot GASOLIO AP	1779390	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	494275000	kWh	PM2.5	1.5	g/GJ	2669085	2.6
			PM10	1.5	g/GJ	2669085	2.6
			NOx	69	g/GJ	122777910	122.7
			SOx	79	g/GJ	140571810	140.5
			CO	3.7	g/GJ	6583743	6.5
			CO2	730.6	g / kWh	3.6111E+11	361114
Tot GPL AP	2281806	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	633835000	kWh	PM2.5	1.2	g/GJ	2738167.2	2.7
			PM10	1.2	g/GJ	2738167.2	2.7
			NOx	51	g/GJ	116372106	116.3
			SOx	0.3	g/GJ	684541.8	0.6
			CO	26	g/GJ	59326956	59.3
			CO2	392.5	g / kWh	2.4878E+11	248784
Tot GNL AP	4312404	GJ	Inquinante	fattore emissione	UM	Emissione [g]	Emissione [ton]
	1197890000	kWh	PM2.5	0.2	g/GJ	862480.8	0.8
			PM10	0.2	g/GJ	862480.8	0.8
			NOx	42	g/GJ	181120968	181.1
			SOx	0.3	g/GJ	1293721.2	1.3
			CO	22	g/GJ	94872888	94.9
			CO2	367.5	g / kWh	4.402E+11	440204

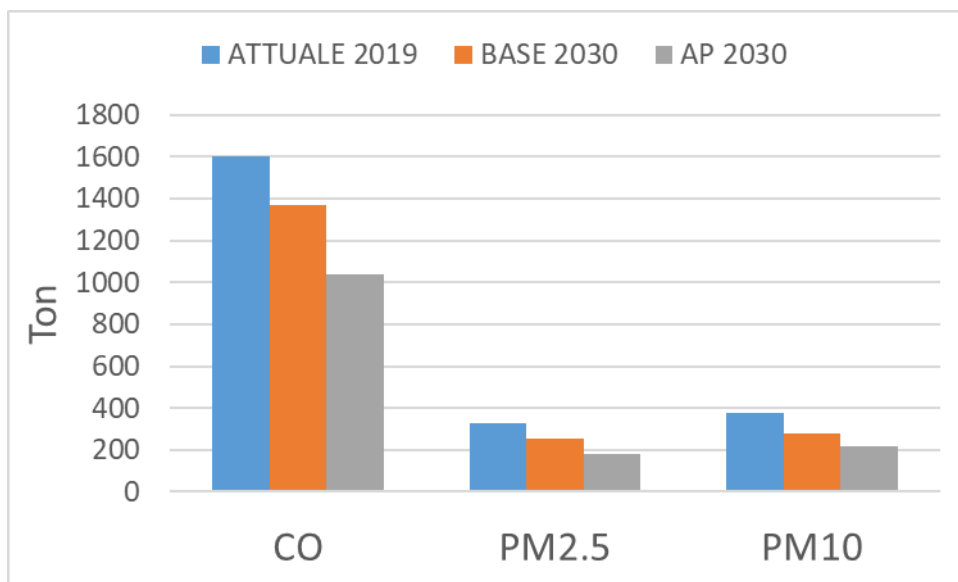
Tabella 66 - Esempio di calcolo di emissioni annue totali, settore Residenziale, scenari BASE e ALTA PENETRAZIONE

### 3.20.5 Risultati Analisi Ambientale – Settori Residenziale, Terziario, Industriale e Trasporto Marino

In questo paragrafo vengono presentati i risultati aggregati della analisi ambientale, ottenuti per confronto diretto tra le emissioni calcolate nei tre scenari presentati e descritti in precedenza, con esclusione dei settori Trasporto Terrestre e Produzione Termoelettrica, che sono stati analizzati separatamente:



(a)



(b)

Figura 181 - Totale emissioni annue (in tonnellate) suddivise per i diversi scenari e i diversi inquinanti: NOx e SOx (a), CO, PM2.5 e PM10 (b)

A causa della grande diversità tra gli ordini di grandezza, i risultati rispetto alle emissioni di CO<sub>2</sub> sono presentati separatamente:

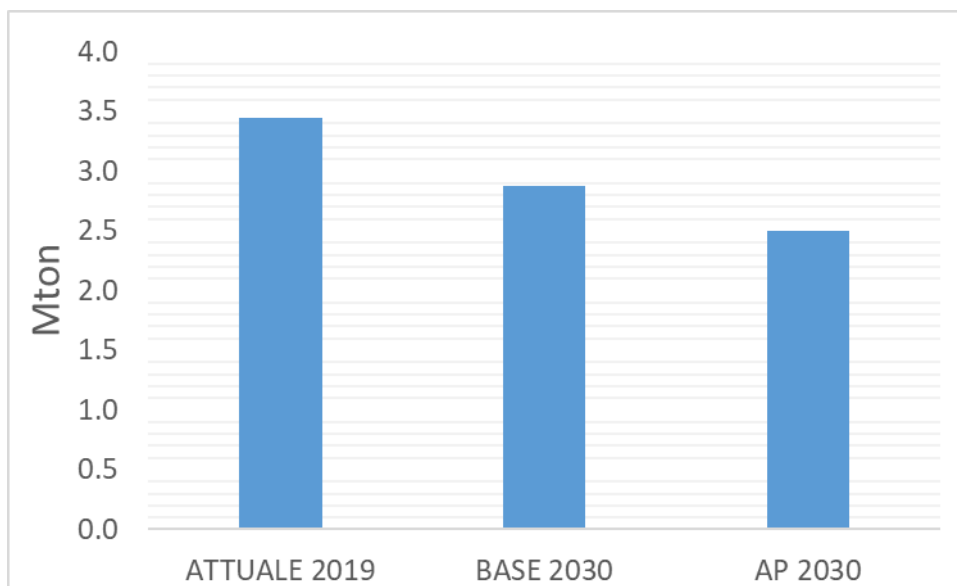


Figura 182 - Emissioni di CO<sub>2</sub> per i tre scenari analizzati

Nella Tabella 67 è riportata la variazione percentuale rispetto alla situazione attuale

### Variazione Percentuale

	ATTUALE 2019	BASE 2030	AP 2030
<b>PM2.5</b>	-	-23.2	-45.6
<b>PM10</b>	-	-25.3	-42.4
<b>NOx</b>	-	-12.8	-21.4
<b>SOx</b>	-	-28.0	-44.8
<b>CO</b>	-	-14.7	-35.3
<b>CO<sub>2</sub></b>	-	-16.4	-27.6

Tabella 67 - Variazioni percentuali emissioni totali annue

Come si può notare, le emissioni vengono ridotte per tutti gli inquinanti considerati, con notevole diminuzione delle emissioni di poveri sottili e di zolfo. Questo è dovuto alla riduzione degli impianti alimentati a gasolio e a combustibili pesanti, i quali sono noti per la elevata produzione di particolato e di zolfo.

### 3.20.6 Risultati Analisi Ambientale – Settore Termoelettrico

Analogamente a quanto illustrato in precedenza, è utile analizzare i risultati ottenuti dal calcolo e dal confronto delle emissioni. Come già accennato, il settore termoelettrico è analizzato separatamente dato l'elevato valore strategico che riveste. Infatti, anche nel caso in cui il gas naturale non fosse impiegato in maniera diffusa negli altri settori analizzati, potrebbe essere utile valutare la sola conversione degli impianti di generazione termoelettrica della Regione Sardegna. In accordo a quanto illustrato nel paragrafo 3.12, si ipotizza un intervento di decarbonizzazione solo per gli impianti di Fiumesanto e Sulcis, mentre la raffineria Sarroch continuerebbe ad alimentare la centrale Sarlux.

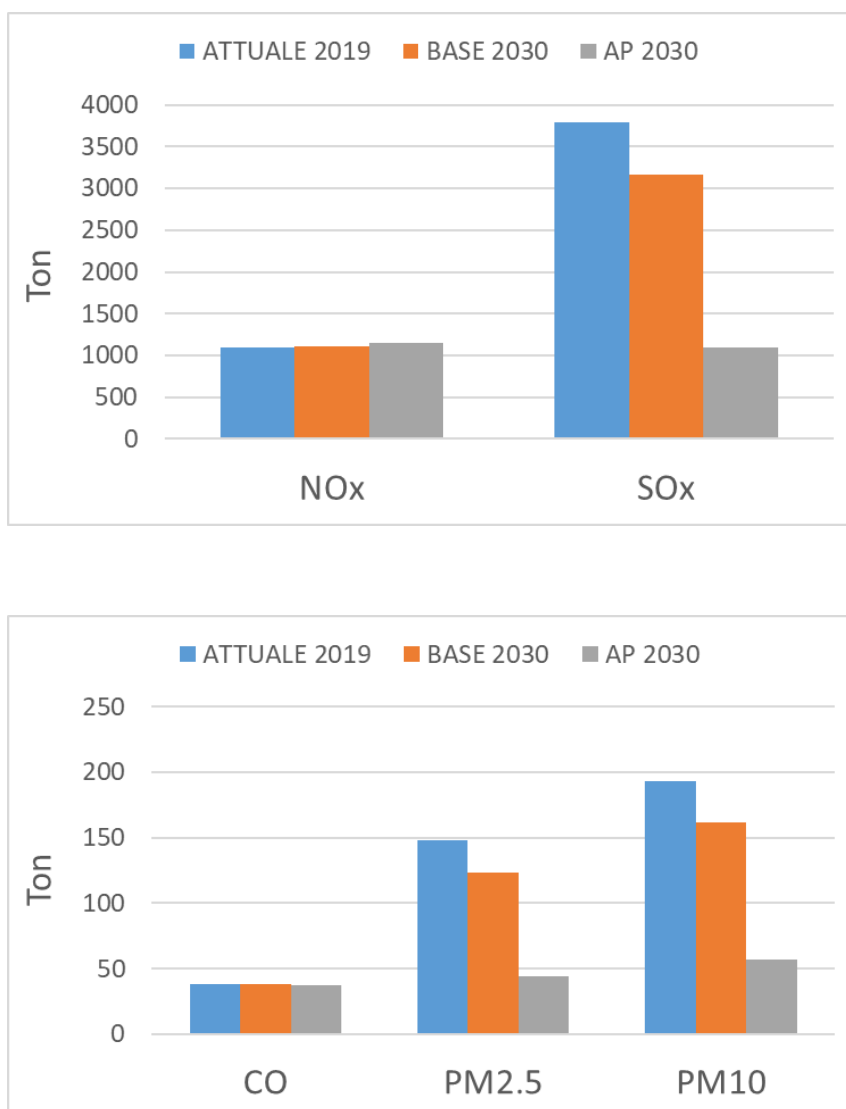


Figura 183 - Totale emissioni annue (in tonnellate) suddivise per i diversi scenari e i diversi inquinanti: NOx e SOx (sopra), CO, PM2.5 e PM10 (sotto) – SETTORE TERMOELETTTRICO

Analogamente, si riportano i valori di emissione per la sola CO<sub>2</sub>.

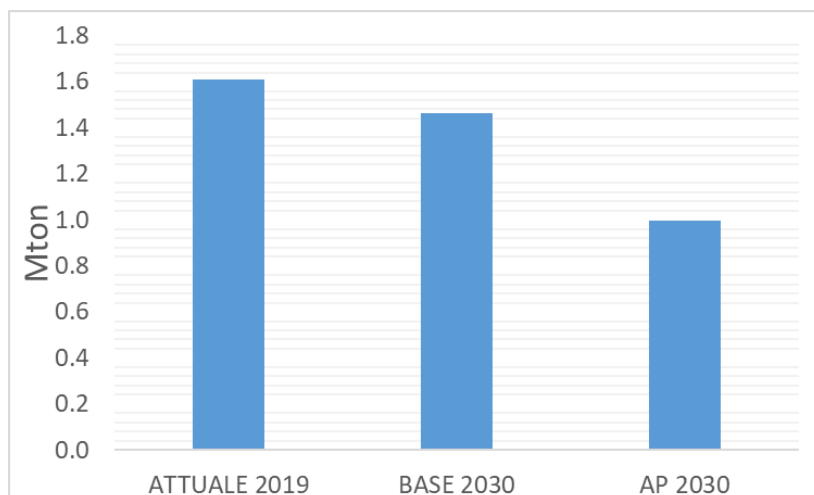


Figura 184 - Emissioni di CO<sub>2</sub> per i tre scenari analizzati - SETTORE TERMOELETTTRICO

In Tabella 68 vengono presentate le variazioni percentuali ottenute dal confronto dei totali di emissione annui per i tre scenari considerati.

L'analisi dei risultati mostra che, in generale, la tendenza di decrescita degli inquinanti è fortemente a favore della diminuzione di particolato ed ossidi di zolfo. Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, vi è una variazione positiva del 1.3% per lo scenario base e del 5.5% nel caso dello scenario AP. Questo è dovuto alla particolare condizione che si sta considerando, ossia una sostituzione di impianti alimentati con un solo tipo di combustibile (carbone), il cui impatto ambientale maggiore è insito nella elevata produzione, in fase di combustione, di particolato ed ossido di zolfo.

#### Variazione Percentuale - Settore Termoelettrico

	ATTUALE 2019	BASE 2030	AP 2030
PM2.5	-	-16.4	-70.3
PM10	-	-16.4	-70.5
NOx	-	+1.3	+5.5
SOx	-	-16.5	-71.0
CO	-	-0.7	-2.8
CO <sub>2</sub>	-	-8.9	-38.1

Tabella 68: Variazioni percentuali emissioni totali annue - SETTORE TERMOELETTTRICO

### 3.20.7 Risultati Analisi Ambientale – Settore Trasporto Terrestre

Per valutare i possibili effetti indotti dalla adozione del GNL per la copertura di una parte dei consumi legati al trasporto su strada, nella Regione Sardegna, occorre tenere a mente i seguenti aspetti:

- I consumi legati ai trasporti costituiscono una sorgente rilevante, sia nella produzione di CO<sub>2</sub> sia in quella di particolato, NO<sub>x</sub> ed altri inquinanti;
- L'inquinamento derivante dal traffico veicolare sarà soggetto ad una progressiva riduzione legata alla naturale sostituzione dei mezzi obsoleti facenti parte del parco circolante con mezzi più moderni che siano adeguati alle normative antiinquinamento già attualmente in vigore o previste, che sono via via più stringenti riguardo alle emissioni in atmosfera, quali EURO VI ed EURO VII (previsto per il 2026);
- La riduzione delle emissioni legata al rinnovo del parco circolante può avvenire in modo naturale o essere e guidata da sistemi di incentivazione e di promozione.

In questo quadro generale che prevede una graduale riduzione delle emissioni inquinanti legata al progressivo svecchiamento del parco circolante, si può stimare che vi possa essere un'ulteriore riduzione delle emissioni, legata alla quota parte di nuove immatricolazioni costituita da veicoli alimentati, in maniera esclusiva o dual, con GNL invece che con combustibili tradizionali.

Per calcolare questo contributo è necessario definire la quota parte di nuove immatricolazioni previste nel periodo di riferimento e considerare che una percentuale di essi sarà alimentata con gas metano, proveniente dalle forniture di GNL alla Regione Sardegna.

Inoltre, si può stimare che il contributo alla riduzione di ogni singolo veicolo per chilometro sia dato dalla differenza tra l'emissione di inquinanti dei veicoli, adeguati alla normativa vigente, e l'emissione di inquinanti delle corrispondenti auto alimentate a gas naturale, per chilometro percorso.

Il contributo totale si ottiene moltiplicando il contributo unitario per la quota parte del totale di km percorsi da veicoli a metano, acquistati come alternativa agli Euro VI e VII Diesel, nei diversi scenari evolutivi.

Come si evince dalla descrizione precedente, il quadro dell'effettiva riduzione delle emissioni di inquinanti, legata all'utilizzazione di veicoli alimentati a gas metano, presenta vari aspetti di incertezza e non è di immediata valutazione.

Vi sono due semplici effetti concomitanti che devono essere considerati, quando si vuole valutare l'impatto dei possibili scenari di sostituzione di parte del parco circolante con veicoli a metano.



Da un lato occorre tenere conto della variegata e complessa distribuzione di categorie di veicoli all'interno del parco circolante e di come esse saranno sostituite veicoli nuovi, dall'altro, si può osservare che, per fortuna, i veicoli nuovi che, di anno in anno entrano a far parte del parco circolante, in sostituzione ai veicoli esistenti, sono tutti veicoli adeguati alle norme più aggiornate e, quindi, almeno a EURO VI.

Ci si aspetta che vi sarà un notevole contributo alla riduzione degli inquinanti legata essenzialmente alla entrata in vigore delle normative antinquinamento e al normale rinnovo del parco circolante<sup>52</sup>.

Solo una percentuale, anche se non trascurabile, di veicoli moderni è costituita da veicoli alimentati con gas naturale e si può pensare che il contributo di riduzione sia corrispondente alla differenza di emissioni di un veicolo a gas metano e un veicolo EURO VI ultima generazione.

È da osservare che, per fortuna, i limiti EURO VI sono molto stringenti e ciò rende minime le differenze di emissioni tra un Diesel EURO VI e un veicolo a metano, le differenze maggiori sono legate alle tecnologie che è necessario impiegare per ottenere il rispetto della normativa.

È anche però da ricordare che i veicoli ad accensione comandata sono stati storicamente progettati ed ottimizzati per funzionare a benzina, e non ci si dovrebbe quindi a priori aspettare una riduzione delle emissioni in seguito al passaggio ad un carburante diverso.

Ad esempio, la combinazione della minore produzione di CO<sub>2</sub>, per kWh da combustibile, e della contestuale minore efficienza del motore alimentato a metano fa sì che la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, per motori a combustione interna, sia limitata a solo il 10% circa, e tale valore sia affetto da una ampia banda di incertezza legata alle prestazioni dei singoli motori.

Questa considerazione è valida per la produzione di g CO<sub>2</sub>/km e, in misura anche maggiore, per tutti gli inquinanti. Per questo motivo, per una stima di massima si possono utilizzare valori medi purché si tenga conto del fatto che essi sono affetti da una banda di incertezza molto ampia e talvolta maggiore del valore stesso <sup>4, 53, 54</sup>.

---

<sup>52</sup> Clairotte, M., Suarez-Bertoa, R., Zardini, A.A. *et al.* Exhaust emission factors of greenhouse gases (GHGs) from European road vehicles. *Environ Sci Eur* **32**, 125 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00407-5>

<sup>53</sup> K. Cheenkachorn, C. Poompipatpong, C. G. Ho, Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fuelled with diesel and LNG (liquid natural gas), *Energy*, Vol. 53, 2013, Pag 52-57, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.02.027>.

<sup>54</sup> EEA Report No 13/2019 EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 Technical guidance to prepare national emission inventories, ISSN 1977-8449 [https://www.eea.europa.eu/ds\\_resolveuid/e0473b3047bf435b95cf245894a9b197](https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/e0473b3047bf435b95cf245894a9b197); [https://www.eea.europa.eu/ds\\_resolveuid/2B5XD6Z9OG](https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/2B5XD6Z9OG)

Osservando le emissioni di polveri sottili, aspetto in cui la combustione del metano è più pulita del diesel, dobbiamo anche osservare che, per poter essere adeguati alle norme EURO VI, gli attuali motori a combustione interna sono dotati di sistemi di abbattimento del particolato. Questi dispositivi, benché delicati, complessi e con notevoli esigenze di manutenzione, portano le emissioni di particolato a livelli analoghi o inferiori a quelli e della combustione del metano.

Anche in questo caso le emissioni di veicoli a metano e diesel EURO VI è contenuta e affetta da grande incertezza <sup>6, 55</sup>.

Oltre a questi due aspetti, che giocano a favore dell'uso di motore a combustione interna alimentati LNG, rimangono poi gli aspetti in cui i motori a metano sono penalizzati, per il quali permangono considerazioni simili alle precedenti sull'entità e sull'incertezza riguardo alla penalizzazione legata al loro impiego <sup>4, 56</sup>.

Le emissioni di NOx vedono i veicoli alimentati a GN leggermente penalizzati rispetto a quelli dotati di motore convenzionali a combustione interna per veicoli pesanti <sup>57</sup>.

Infine, occorre considerare le emissioni di idrocarburi e, in particolare, di metano stesso. Queste perdite sono, ad esempio, frequenti durante le operazioni di carico e scarico serbatoi, o nelle fasi di rifornimento. Data la natura gassosa del metano, esso è più facilmente soggetto a fenomeni di emissione accidentale. Questo fenomeno penalizza i motori a metano al punto da controbilanciare, nel complesso, i vantaggi che si ottengono rispetto alle emissioni di CO<sub>2</sub> e di particolato, e di riportare sullo stesso livello il computo totale delle emissioni, considerando lo stato attuale.

A questo riguardo è disponibile un'ampia e complessa letteratura da cui sono tratti alcuni esempi, come quelli riportati in bibliografia, che mostra un'ampia dispersione dei risultati e che può sembrare apparentemente controversa ma mostra semplicemente l'incertezza dei risultati sperimentali.

In ogni caso, facendo riferimento principalmente all' articolo <sup>58</sup> e individuando come contributo unitario di riduzione generato da un veicolo a metano rispetto ad un veicolo EURO VI (espresso in g/km), si possono individuare i seguenti parametri:

---

<sup>55</sup> O. Delgado, R. Muncrief, Assessment of Heavy-Duty Natural Gas Vehicle Emissions: Implications and Policy Recommendations, - White paper. Published: 2015.07.30

<sup>56</sup> Vermeulen, R. J. (2019). Emissions testing of a Euro VI LNG-diesel dual fuel truck in the Netherlands. Den Haag: TNO.

<sup>57</sup> Transport & Environment: "Do gas trucks reduce emissions?", September 2018. <https://www.transportenvironment.org/publications/do-gas-trucks-reduce-emissions/>;  
NGVA: <https://www.ngva.eu/medias/comments-on-the-te-report-do-gas-trucks-reduce-emissions/>;

T&E: <https://www.transportenvironment.org/publications/do-gas-trucks-reduce-emissions-your-questions-answered>.

<sup>58</sup> Vermeulen, R. J., Verbeek, R., Van Goethem, S., & Smokers, R. (2017). Emissions testing of two Euro VI LNG heavy-duty vehicles in the Netherlands: tank-to-wheel emissions. Den Haag: TNO.

- CO<sub>2</sub> -10%;
- Particolato-15%;
- NO<sub>x</sub>+15%;
- HC+30%.

Da notare come, anche alla luce delle considerazioni illustrate in precedenza, non tutti i contributi percentuali sono negativi.

A titolo esemplificativo, si possono considerare le riduzioni di CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> per lo scenario riportato nel *prodotto T3.3.1*, al capitolo “*Analisi del potenziale di penetrazione del GNL nel parco autocarri circolante*”. Seguendo l’ipotesi più ottimistica, che corrisponde ad un’incidenza dei veicoli alimentati a GNL sul totale del parco circolante nel 2030 pari al 18.5%, che si traduce in un volume di 54 Mvkm/anno, e assumendo come fattori di emissione medi quelli riportati nell’*“EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook”*:

- NO<sub>x</sub>: 33.37 g/kg Diesel
- CO<sub>2</sub>: 3.169 kg/kg Diesel
- 

Nella stessa pubblicazione è riportato il valore di 240 g Diesel/km come tipico consumo di carburante per chilometro per un veicolo pesante.

Mettendo insieme questi dati si ottengono le seguenti variazioni a livello di emissioni:

- NO<sub>x</sub>: +64.87 ton/anno
- CO<sub>2</sub>: -4107 ton/anno
- 

Si può osservare come questi valori di esempio, positivi o negativi che siano, affetti dalle incertezze sopra menzionate, siano comunque di tre ordini di grandezza inferiori ai contributi inerenti ai settori analizzati in precedenza (residenziale, terziario, industriale, trasporto marino e termoelettrico), facendo risultare il settore dei trasporti quindi trascurabile nel computo finale in termini di impatto ambientale e riduzione delle emissioni.

### 3.20.8 EU Emission Trading System

Quando si considera l’ambito delle emissioni ambientali, è fondamentale ricordare che l’Unione Europea, a partire già dai primi anni 2000 (Direttiva 2003/87/CE), ha sviluppato e reso operativo il primo mercato dei titoli per le emissioni di gas a effetto serra (l’EU Emission Trading System - ETS). L’EU ETS è principale strumento adottato dall’Unione europea per raggiungere gli obiettivi di riduzione della CO<sub>2</sub> nei principali settori industriali e nel comparto

dell'aviazione, costituendo un mercato di scambio titoli che tengano in considerazione il valore economico delle emissioni evitate. Il mercato ETS è descritto in modo dettagliato all'interno dell'*EU ETS Handbook*<sup>59</sup>. L'efficacia di questo sistema di trading è stata valutata in una riduzione, per l'area EU nel periodo 2008-2018, del 3.8% delle emissioni di CO2 globali rispetto ad uno scenario senza regolamentazione<sup>60</sup>. Inoltre, al giorno d'oggi rimane il mercato di scambio di titoli ambientali più grande al mondo.

Il sistema si basa su un meccanismo detto “*cap&trade*”: viene fissato un tetto massimo complessivo alle emissioni consentite sul territorio europeo nei settori interessati (*cap*) a cui corrisponde un equivalente numero “*quote*” (1 ton di CO2eq. = 1 quota) che possono essere acquistate/vendute su un apposito mercato (*trade*). Il sistema ETS pone un limite alle emissioni di inquinanti e favorisce pratiche che portano a circoli virtuosi nelle attività ad alto impatto ambientale. Questo è vero considerando sia attività con elevato impatto negativo sia con un elevato impatto potenziale positivo. Il sistema di scambio titoli permette di aprire il mercato di scambio titoli ambientali anche a soggetti che, per tipo attività o per le tecnologie impiegate, sono già caratterizzati da un impatto ridotto.

Il sistema è nato nel 2005, ed è stato articolato in diverse fasi che si sono articolate nel tempo<sup>61</sup>:

- fase 1: 2005-2007;
- fase 2: 2008-2012;
- fase 3: 2013-2020;
- fase 4: 2021-2028.

Nel mese di gennaio 2021 è iniziata la fase n.4 che prevede una riduzione annuale delle emissioni del 2.2% (in confronto al 1.74% previsto per il periodo 2015-2020)<sup>62</sup>. La fase quattro assume rilevanza particolare in quanto viene confermata l'istituzione di un meccanismo di stabilizzazione del mercato, che serve a prevenire le eccessive oscillazioni del valore dei certificati, in particolare in ribasso. Questa operazione si è resa necessaria per evitare il ripetersi di situazioni in cui non vi fosse alcun interesse a produrre ed acquisire i certificati e, di conseguenza, diminuisse l'interesse economico per la riduzione delle emissioni. Infatti, il prezzo dei certificati non è stabilito in maniera fissa, ma si determina in base alle regole di scambio che sottendono al sistema ETS. Nel corso degli anni, il prezzo dei certificati è stato molto variabile, in dipendenza anche a diversi eventi economici su scala mondiale che si sono verificati. Questo è un problema che va considerato, ad esempio

---

<sup>59</sup> [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets\\_handbook\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf)

<sup>60</sup> Patrick Bayer, Michaël Aklin, “The European Union Emissions Trading System reduced CO2 emissions despite low prices”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* Apr 2020, 117 (16) 8804-8812; DOI: 10.1073/pnas.1918128117

<sup>61</sup> <https://climatepolicyinfohub.eu/eu-emissions-trading-system-introduction>

<sup>62</sup> [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision_en)

l'Inghilterra ha fissato un prezzo di legge, che deve essere utilizzato in sede legale per dirimere le controversie<sup>63</sup>.

Se si osservano gli andamenti storici temporali del prezzo dei certificati per il mercato ETS<sup>64</sup>, riportati in Figura 185, è chiaro come gli andamenti siano difficili da prevedere, ma in generale vi è un incremento del valore all'inizio e alla fine di ogni fase. Per quanto riguarda i valori minimi e massimi, si osserva che il prezzo oscilla una elevata variabilità pari a circa 1 ordine di grandezza, passando da circa 3.5 a circa 35 €/tonCO<sub>2eq</sub> (ricordando che 1 quota equivale a 1tonCO<sub>2eq</sub>).

Osservando il profilo, si sarebbe tentati ad individuare una sovrastima del valore nel periodo iniziale, determinata da una sorta di acquisizione preventiva dei titoli, che non è confermata nel periodo centrale delle fasi.

A titolo di esempio, il valore corrispondente alla riduzione di 0.9 MtonCO<sub>2eq</sub> (corrispondente alla riduzione, per lo scenario ALTA PENETRAZIONE, dei settori residenziale, terziario, industriale e trasporto marittimo, rif. paragrafo “*Risultati Analisi Ambientale – Settori Residenziale, Terziario, Industriale e Trasporto Marino*”), sarebbe pari a circa 10 milioni di euro se i titoli valessero 4 €/tonCO<sub>2eq</sub>, mentre varrebbe circa 80milioni di euro se i titoli valessero 32 €/ tonCO<sub>2eq</sub>.

In queste condizioni è molto difficile quantificare con un valore significativo o, anche, solo sensato il valore corrispondente alla riduzione di 0.9 MtonCO<sub>2eq</sub> senza effettuare un errore possibile di un ordine di grandezza e, tanto meno, prevedere un valore realistico, in prospettiva, per i prossimi anni, fino al 2030.



Figura 185 - Serie storica del valore giornaliero dei titoli ETS in Euro – Fonte: ember-climate.org

<sup>63</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/determinations-of-the-eu-ets-carbon-price>

<sup>64</sup> <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>

### 3.20.9 Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti ed illustrati nei paragrafi precedenti è possibile affermare che, soprattutto per i settori residenziale, terziario, industriale e dei trasporti marittimi, le emissioni inquinanti vengono ridotte dall'adozione di nuove tecnologie basate sul GNL, in sostituzione dei tradizionali combustibili fossili.

Considerando i settori individuali della produzione termoelettrica su larga scala e il trasporto terrestre, la situazione non è omogeneamente positiva: infatti, soprattutto per gli NO<sub>x</sub>, in entrambi i casi ci sarebbe un aumento dei livelli di emissione, anche se contenuto. Per quanto riguarda il settore dei trasporti terrestri, i numeri associati alle emissioni del settore risultano essere molto più piccoli in percentuale rispetto ai contributi calcolati per gli altri ambiti considerati. Vale la pena menzionare che, soprattutto nel settore del trasporto terrestre, l'incertezza con cui sono presentati i risultati anche in letteratura è molto grande e rispecchia la complessità di un problema che dipende da moltissime variabili (tipo di guida, strada considerata, carico del veicolo, traffico, ecc).

È poi possibile valutare anche gli effetti economici dei benefici ambientali riferendosi al mercato EU ETS (Emission Trading System), assegnando un valore in euro ad ogni tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente non emessa in atmosfera, a seguito degli scenari proposti. Questa operazione è però resa complessa dalla alta variabilità nel tempo del valore dei titoli scambiati all'interno del mercato stesso, variabilità che si attesta intorno ad un fattore 10. Ciò impone di usare particolare cautela nell'interpretazione dei risultati, soprattutto rende molto difficile poter esprimere una previsione con orizzonte temporale al 2030.

A questo proposito, qualora si necessitasse di un approfondimento per il settore portuale, è possibile fare riferimento alle "Linee Guida per la redazione dei Documenti di Pianificazione Energetico Ambientale dei Sistemi Portuali DEASP"<sup>65</sup> che fornisce tutti gli elementi per poter applicare una metodologia di analisi del problema più specifica.

---

<sup>65</sup> [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/notizie/CLE/lg\\_deasfinale.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/notizie/CLE/lg_deasfinale.pdf)

## 4 Porti del Mar Ligure

### 4.1 Vado Ligure e Genova

Nell'ambito del progetto SIGNAL sono state identificate 8 ipotesi progettuali localizzative di depositi GNL nelle aree afferenti all'Area del Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale (cfr. T2. Piano di Localizzazione dei siti di Stoccaggio).

Esse sono:

- ipotesi 1: Vado Ligure – Deposito in testata piattaforma;
- ipotesi 2: Vado Ligure – Deposito sul molo sud modificato;
- ipotesi 3: Vado Ligure – Caso con Espansione della banchina principale;
- ipotesi 4: Genova – Sampierdarena port basin – Calata Oli Minerali quay;
- ipotesi 5: Genova – Sampierdarena port basin – Ponte Ex Idroscalo quay;
- ipotesi 6: Genova – Sampierdarena port basin – Ponte Somalia quay;
- ipotesi 7: Genova – Cornigliano port basin – Foce torrente Polcevera quay;
- ipotesi 8: Genova – Multedo port basin – Porto Petroli quay.

Ogni sito è caratterizzato da un livello di accessibilità differente in merito alla distribuzione del GNL terrestre e marittimo.



Figura 186 - Localizzazione delle ipotesi - Vado Ligure

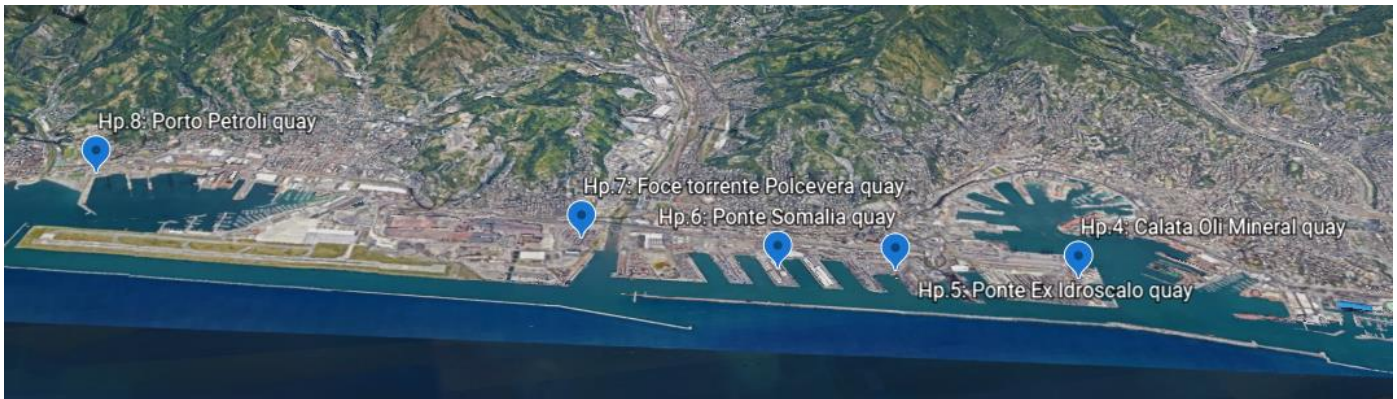


Figura 187 - Localizzazione delle ipotesi - Genova

Per quanto riguarda il livello di accessibilità, tutti i siti sono caratterizzati da un elevato livello di infrastrutturazione stradale e, in alcuni casi, anche ferroviaria.

Allo stesso tempo le infrastrutture viarie sono caratterizzate da intensi flussi di traffico soprattutto nei caselli di Genova Ovest e nel nodo di San Benigno e, a Ponente, nel caso di realizzazione dell'ipotesi 6, sul casello di Genova aeroporto e sulla nuova viabilità di Cornigliano-Lungomare Canepa concentrandosi probabilmente sul varco Etiopia. Nel caso di realizzazione dell'ipotesi 7, per i flussi stradali diretti in Lombardia e a Nord-Est è possibile ipotizzare un parziale utilizzo del casello di Bolzaneto e della relativa viabilità lungo Polcevera.

Per quanto riguarda la viabilità interna al porto, le aree sono interessata da traffici di veicoli pesanti e mezzi operativi consistenti (ad eccezione del sito 5) a cui si aggiungerebbe il traffico veicolare generato dalle autocisterne per il trasporto di GNL.

Sul versante ferroviario, per quanto riguarda l'ipotesi 4 è possibile valutare il ripristino del binario localizzato nelle vicinanze del Parco Rugna, che già oggi viene utilizzato come punto di carico per le rinfuse liquide. Per quanto riguarda l'ipotesi 5 occorre valutare la possibile costruzione di un apposito binario (che si inserirebbe sul binario diretto a Fuori Muro), oppure l'utilizzo dei binari posti su Ponte S. Giorgio (collegati con il Parco Campasso). Nel caso si realizzasse il sito di stoccaggio secondo l'ipotesi 6 è da valutare la possibilità di utilizzo del binario presente su ponte Somalia mentre per l'ipotesi 7 la possibilità di utilizzare fasci di binari adiacenti al complesso ILVA.

L'ipotesi 8 è quella che presenta le maggiori criticità a livello di accessibilità terrestre poiché i flussi corrispondenti comporterebbero un aggravio operativo sul casello autostradale di Genova Pegli anche a causa della mancanza di linearità del percorso di accesso al terminal. In ambito ferroviario, va citata la vicinanza alla linea Genova – Ventimiglia con relativa necessità di uno specifico raccordo. Un'ulteriore criticità è rappresentata dalla prossimità del deposito GNL al centro urbano.



#### 4.1.1 Progetto GNL FACILE

Il progetto GNL FACILE, facente parte del Cluster di 4 progetti sul GNL, fra cui lo stesso SIGNAL, realizzando 7 stazioni mobili di rifornimento come azioni pilota nei principali porti commerciali dell'area, dimostra l'immediata applicabilità del rifornimento GNL e presenta agli operatori il funzionamento delle tecnologie della filiera GNL.

L'opera realizzata all'interno del progetto sarà utilizzata per il rifornimento anche dei mezzi operativi portuali e avrà una struttura in acciaio con un serbatoio esterno in acciaio-carbonio (per ragioni di sicurezza). Il budget per le attività di realizzazione della stazione mobile di rifornimento è a carico dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e l'oggetto sarà a disposizione dei partner di progetto per le attività programmate e soprattutto per le azioni pilota nei porti di Tolone, La Spezia e Marina di Carrara.

L'investimento in oggetto sarà localizzato presso il Porto di Genova, a disposizione dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, per attività pilota riguardo al rifornimento di GNL e formazione del personale incaricato. La stazione mobile di rifornimento rimane di proprietà dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, così come i relativi progetti realizzati all'interno del progetto GNL-Facile.

Le aree portuali segnalate all'esame di conformità VVF sono le seguenti:

- Rifornimento terrestre
  - area interporto Prevarco (ex Italsider);
  - area sopraelevata Portuale;
  - area portuale distributore Prà.
- Rifornimento piccole imbarcazioni (di servizio portuale)
  - area ponte Parodi Apice;
  - area portuale di Voltri (molo sottoflutto).

Per quanto concerne il container criogenico (o ISO tank), questo riduce significativamente la manipolazione diretta delle merci pericolose e i rischi successivi che nascono dal trasferimento di GNL. Dal punto di vista economico, la distribuzione del GNL, le infrastrutture di storage e la logistica sono fattori chiave per la competitività di questo combustibile. Il container dovrà essere previsto, attraverso la stazione mobile, per effettuare rifornimento ai mezzi operativi e di trasporto (pompa addizionale – erogatore, erogatore contatore e contabilizzatore fiscale) e per soddisfare tutti i requisiti di sicurezza e trasporto (struttura in acciaio, esterno del serbatoio in acciaio al carbonio).

#### 4.1.1.1.1 Rifornimento terrestre

Sono di seguito riportate le planimetrie riguardanti le aree preselezionate, indicanti i punti di possibile dislocazione della stazione mobile.

Il Comando Provinciale VVF ha preso visione delle planimetrie prodotte dalla AdSPMLO, relative a tre aree distinte, indicate come possibili sedi temporanee per ospitare l'impianto di rifornimento ad uso terrestre per mezzi operativi e di trasporto (area ex Italsider, area sopraelevata portuale e area portuale distributore di Prà). Le valutazioni sono state effettuate, in riferimento agli aspetti della sicurezza e della prevenzione incendi, così come suggerito dalla Lettera Circolare DCPREV prot. n. 5870 del 18-05-2015 "Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di alimentazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) con serbatoio criogenico fisso a servizio di impianti di utilizzazione diversi dall'autotrazione - Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di distribuzione di tipo I-GNL, I-GNC e I-GNC/GNL per autotrazione". Come da emanazione del D.M. 24 maggio 2002 e successive modifiche ed integrazioni, introdotte dal D.M.12 marzo 2019.

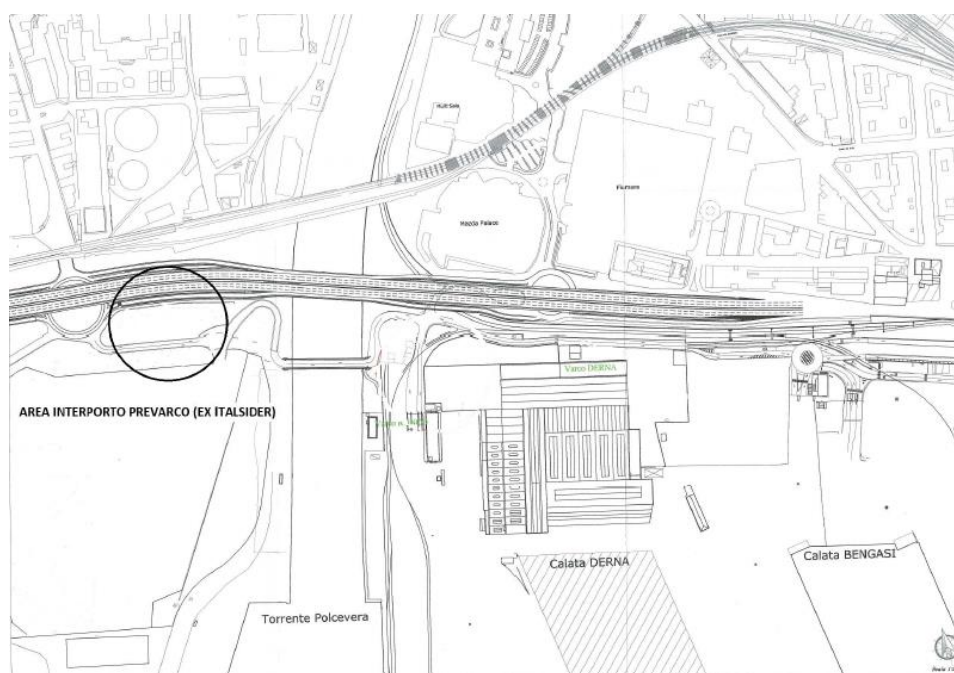


Figura 188 - Localizzazione area interporto Prevarco (ex Italsider)

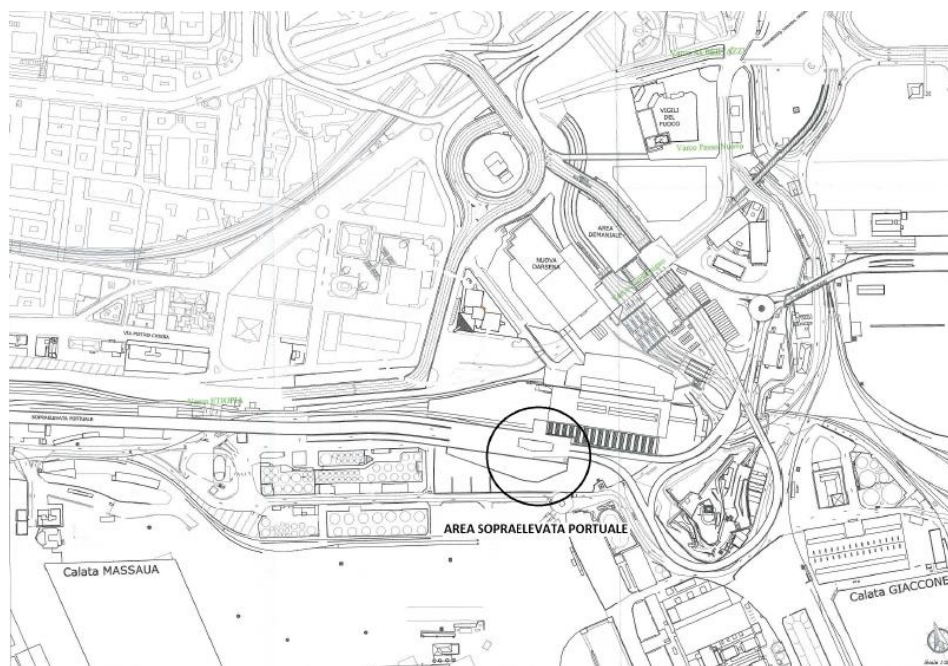


Figura 189 - Localizzazione sopraelevata Portuale

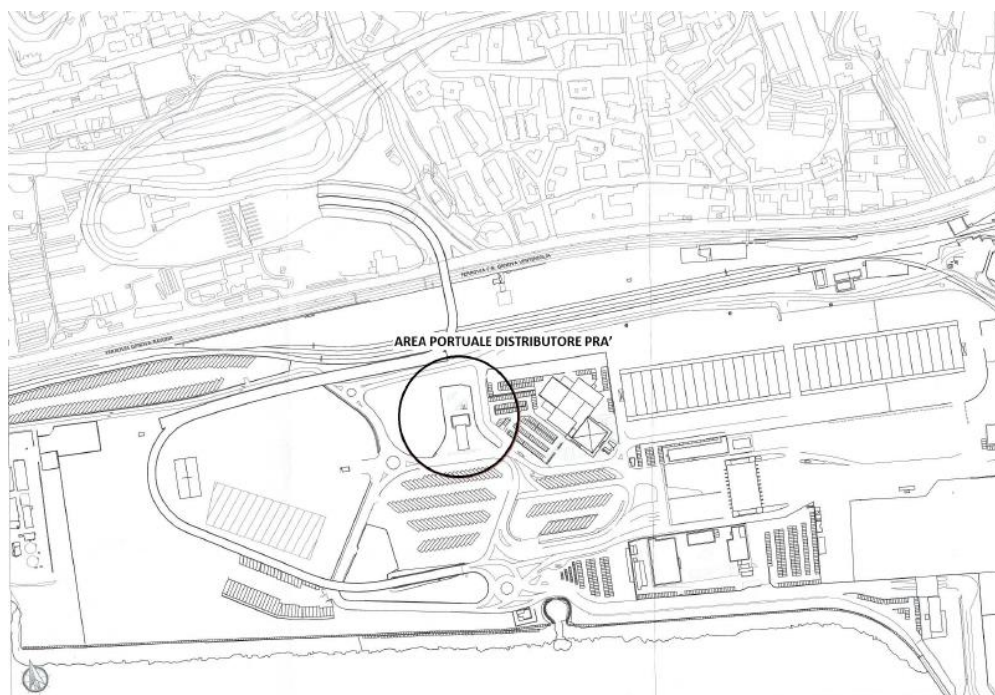


Figura 190 – Localizzazione portuale distributore Prà

#### 4.1.1.1.2 Rifornimento piccole imbarcazioni

In considerazione del fatto che l'impianto rientri tra quelli normati, quale tipo mobile e quindi compreso tra le applicazioni dell'ADR, viene suggerito, in relazione alla fornitura di combustibile per piccole imbarcazioni a uso dei servizi portuali, d'inserire anche indicazioni sulle possibili aree di stazionamento temporaneo della stazione di rifornimento per uso specificatamente marino. Vengono indicate, in tal senso, altre due aree presso Ponte Parodi apice e nell'area portuale di Prà, precisamente al molo di sottoflutto Voltri.

In ottemperanza alle prescrizioni previste dal bando e in relazione alle caratteristiche tecniche che deve possedere la stazione di rifornimento, l'AdSPMLO, in assonanza con i VVF, ha verificato la congruità delle norme di riferimento, sia tecniche sia di sicurezza, al fine di poter procedere alle spettanti attività di collaborazione per una miglior definizione del capitolato e delle specifiche necessarie alla successiva fase progettuale e di acquisizione della stazione di rifornimento mobile GNL.

Si tiene a precisare che i possibili impieghi della stazione mobile di rifornimento, da adibire anche alla distribuzione del GNL a piccoli natanti operativi o di servizio portuale, vista la struttura e le dimensioni del serbatoio criogenico, con un volume massimo previsto di 55 m<sup>3</sup>, non è da intendersi quale tipologia di rifornimento "tank to ship". Infatti, con tale terminologia, si intende comunemente il rifornimento di serbatoi a bordo di navi mercantili o commerciali (crocieristiche), per i quali anche le semplici attività di rabbocco di combustibile non potrebbero essere effettuate dalla stazione prevista dal Progetto GNL Facile, in quanto non di sufficiente capacità volumetrica e non dotata di apparati di erogazione specifici per tali navi.

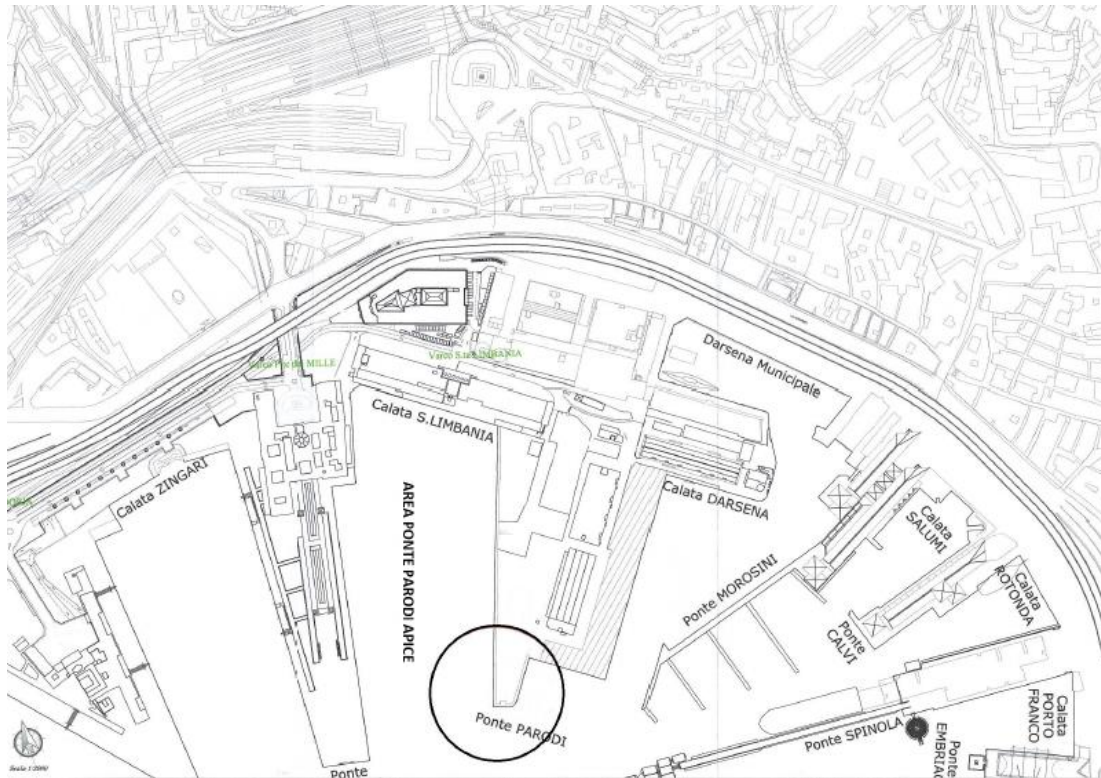


Figura 191 - Localizzazione ponte Parodi

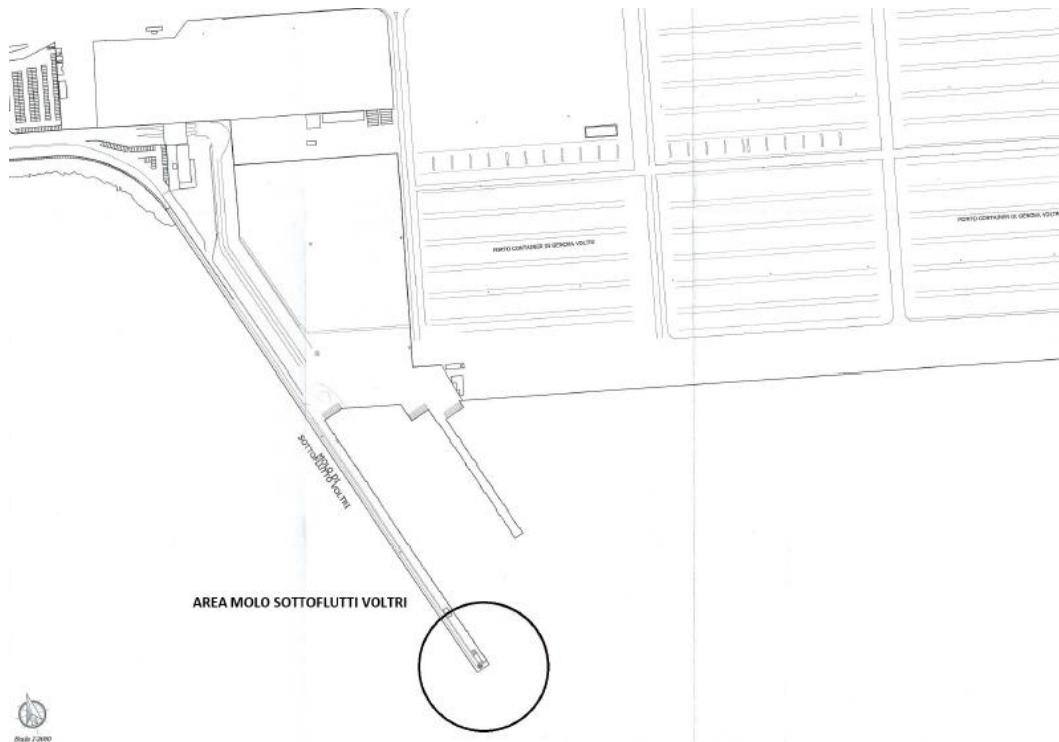


Figura 192 - Localizzazione molo sottoflutti Voltri

## 4.2 La Spezia

Il porto della Spezia è ben connesso con le vie di comunicazione più importanti della costa occidentale. È il terminale dell'autostrada A15 Parma-La Spezia, che collega il capoluogo ligure con la Pianura Padana attraverso il valico della Cisa. Inoltre, si trova a pochi km dall'autostrada A12 Genova - Rosignano M.mo, che transita nei pressi di Santo Stefano Magra e che è accessibile da La Spezia tramite la stessa A15 (il tratto di 7 km La Spezia - Santo Stefano Magra non è soggetto a pedaggio). Il porto è ben collegato all'autostrada A15 grazie all'uscita "Lerici-Porto", sita a poche centinaia di metri dal termine della stessa. Nei pressi dell'uscita è presente il principale gate portuale, detto Varco Stagnoni, da cui è possibile accedere direttamente alla parte ovest del porto commerciale.

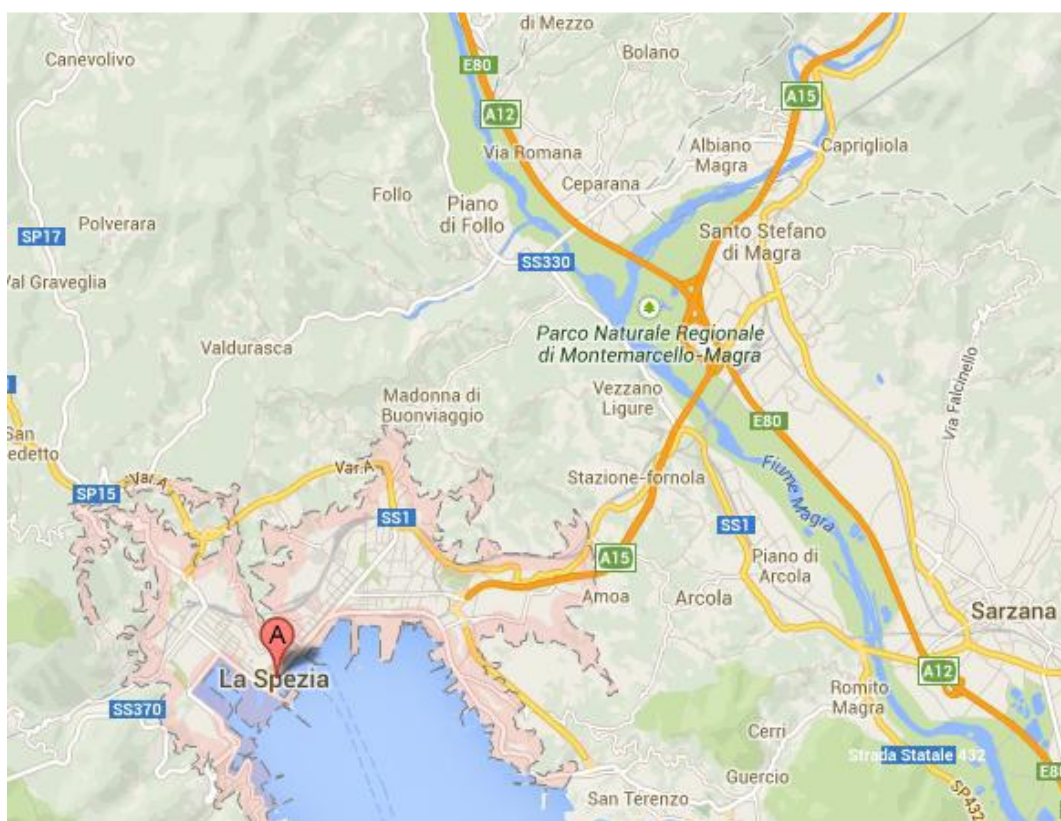


Figura 193 - Principali infrastrutture viarie di collegamento del porto commerciale di La Spezia

Il Terminal di Panigaglia si trova, invece, in posizione defilata rispetto al porto commerciale. È raggiungibile solamente percorrendo, dallo svincolo autostradale, 10 km di strade, che attraversano in parte il centro cittadino e, in parte, percorrono la strada litoranea per Portovenere.

A tal proposito, l'Autorità di Sistema Portuale, nell'ambito del progetto europeo GAINN4CORE, ha studiato la necessità di un servizio small-scale di GNL all'interno del

porto tra il terminal di Panigaglia e le banchine portuali, al fine di alimentare le navi a GNL e per evitare un eccessivo traffico di camion su un tratto di costa di particolare pregio.

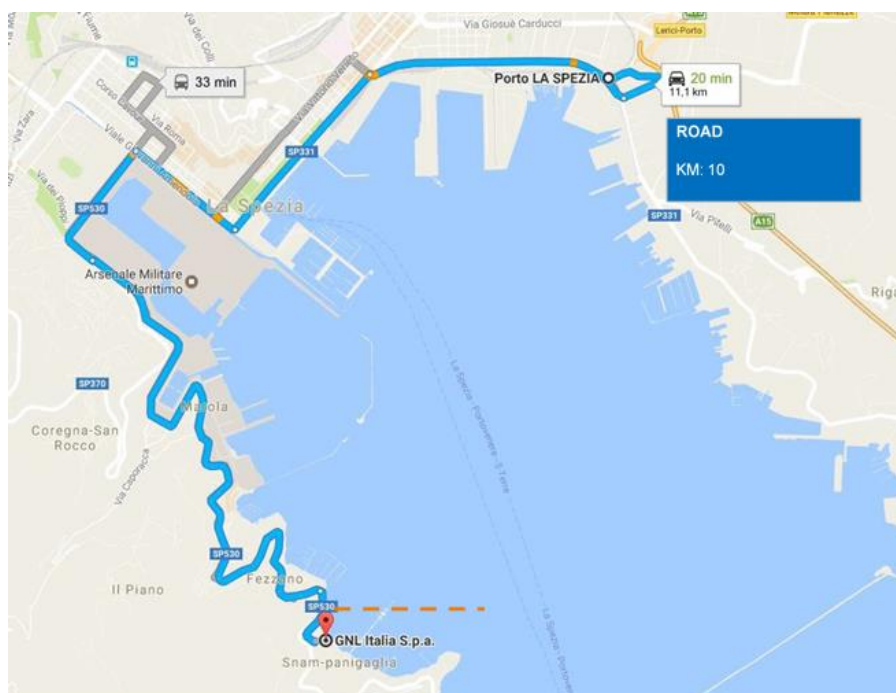


Figura 194 - Principali infrastrutture viarie di collegamento del Terminal di Panigaglia

In parallelo, anche SNAM GNL Italia ha commissionato degli studi per la gestione del traffico dei mezzi stradali che dovranno caricare il GNL dal rigassificatore e consegnarlo ai clienti terrestri: per evitare un eccessivo traffico di camion su un tratto di costa di particolare pregio, Snam potrebbe far arrivare i mezzi a Panigaglia via mare, su chiatte in partenza da La Spezia, dove le autobotti tornerebbero sempre via chiatta cariche di gas, per poi proseguire su strada verso le destinazioni finali.

È attualmente oggetto di approfondimento anche la modalità con cui potranno essere caricate di GNL le piccole navi cisterna (bettoline) aventi il compito di effettuare il rifornimento a gas delle navi, che, nei prossimi anni, cominceranno a solcare il Mediterraneo.

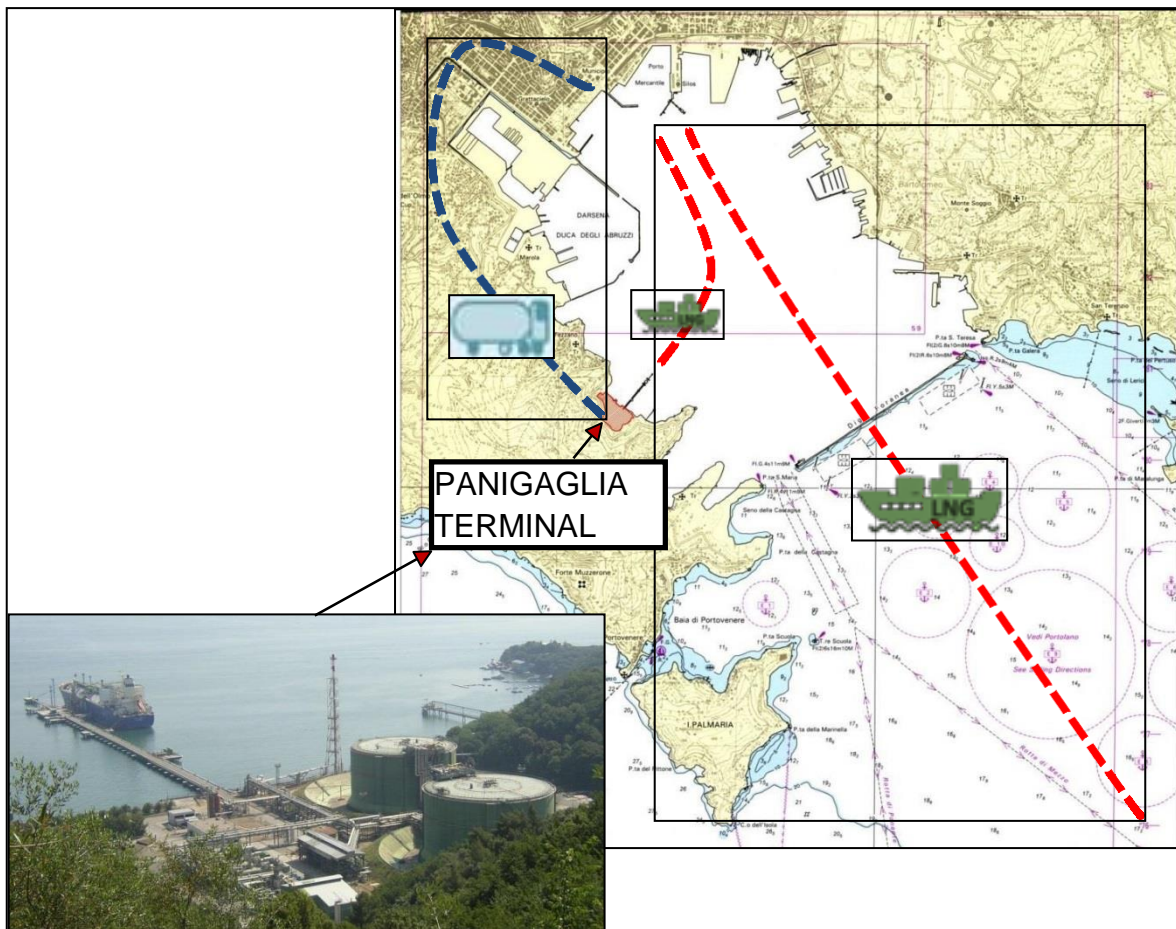


Figura 195 - Schema alternativo di distribuzione del GNL