

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)
FRSU Alto Tirreno e Collegamento alla rete Nazionale Gasdotti

RELAZIONE GEOLOGICA

		<i>MVP</i>	<i>MBlni</i>	<i>claudio</i>	<i>monda</i>
0	Emissione	M. Valenti Pettino	M. Badalini	C. Monda	Giugno 2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

INDICE

1. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....	3
1.1. PREMESSA	3
1.1. SOLUZIONE PROPOSTA.....	3
1.2. STRUTTURA DEL DOCUMENTO.....	4
2. SCOPO DEL DOCUMENTO.....	5
2.1. SCOPO DEL DOCUMENTO.....	5
2.2. ACRONOMI, ABBREVIAZIONI E UNITÀ DI MISURA.....	5
2.2.1. ABBREVIAZIONI E SIMBOLI	5
2.3. UNITÀ DI MISURA	6
3. RIFERIMENTI.....	7
3.1. BIBLIOGRAFIA.....	7
4. POSIZIONE DEL SITO DI PROGETTO E SISTEMA DI RIFERIMENTO.....	9
4.1. POSIZIONE SITO DEL PROGETTO.....	9
4.2. SISTEMA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO.....	10
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE.....	11
5.1. ASSETTO STRUTTURALE E FORMAZIONE DEL BACINO LIGURE-TIRRENICO.....	11
5.2. ASSETTO GEO-MORFOLOGICO DELLA REGIONE LIGURIA.....	17
6. INQUADRAMENTO SISMICO	20
7. INQUADRAMENTO BATI-MORFOLOGICO.....	28
8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	32

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

1. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

1.1. Premessa

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art. 5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, Snam FSRU Italia, società controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), ha ottenuto in data 25/10/2022 l'autorizzazione unica per la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione nel porto di Piombino, tramite l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente (di seguito l'"Autorizzazione Unica").

L'Autorizzazione Unica, al punto 10, ha prescritto di presentare, entro 45 giorni dalla pubblicazione della Ordinanza medesima sul Bollettino Regionale della Toscana, il progetto integrativo di ricollocazione della FSRU in sito off-shore, nonché il progetto relativo agli interventi necessari per la dismissione della FSRU stessa dal porto di Piombino decorso il suddetto termine di tre anni. Con successive Ordinanze di proroga, il predetto termine è stato fissato al 26 giugno 2023.

Il Progetto FSRU Alto Tirreno, di cui il presente documento è parte integrante insieme ai suoi allegati, illustra la soluzione sviluppata dagli ingegneri e specialisti incaricati da Snam per il ricollocazione della FSRU TUNDRA per i successivi 22 anni una volta lasciato il porto di Piombino. In particolare, gli allegati tecnici riportano le principali caratteristiche del Progetto, analizzano gli aspetti ambientali, paesaggistici ed urbanistici e riportano le valutazioni relative ai temi Seveso ed antincendio.

1.1. Soluzione Proposta

L'analisi ha escluso la possibilità di trovare un ormeggio a lungo termine della FSRU all'interno di un porto diverso da quello di Piombino, non rinvenendosi in nessun altro porto le seguenti caratteristiche peculiari di Piombino, quali: (i) una banchina idonea per geometria e capacità strutturali, (ii) un pescaggio del porto ovunque maggiore di 15 m, (iii) un punto di ingresso nella Rete nazionale Gasdotti ad una distanza ragionevole ed in grado di ricevere l'incremento di portata previsto (i.e., 5 miliardi di metri cubi/anno).

La ricerca della soluzione si è indirizzata verso possibili siti offshore verificando la sussistenza di tre requisiti essenziali: (i) il collegamento in un punto della Rete Nazionale in grado di ricevere la portata prevista, (ii) la fattibilità tecnica, urbanistica ed ambientale del tracciato della condotta a mare ed a terra, (iii) la capacità della FSRU di svolgere con continuità il servizio di rigassificazione rispetto alle condizioni meteorologiche attese nel sito prescelto.

I requisiti sopra richiamati hanno portato a selezionare un sito offshore a circa 2 miglia nautiche (circa 4 km) dalla costa ligure di ponente di fronte a Vado Ligure (SV) potendo evitare sia le rotte di ingresso/uscita del traffico navale che sfruttare l'approdo a terra in corrispondenza dell'area industriale di Tirreno Power.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

1.2. Struttura del Documento

Il presente documento si compone delle seguenti Sezioni:

- SEZIONE 2: descrive lo scopo del documento
- SEZIONE 3: elenca i riferimenti bibliografici
- SEZIONE 4: descrive il sito interessato dal progetto
- SEZIONE 5: descrive l'inquadramento geologico – strutturale, gli aspetti geomorfologici
- SEZIONE 6: descrive l'inquadramento sismico
- SEZIONE 7: descrive l'inquadramento bati-morfologico
- SEZIONE 8: descrive l'inquadramento geotecnico

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

2. SCOPO DEL DOCUMENTO

2.1. Scopo del documento

Lo scopo di questo documento è di illustrare l'inquadramento geologico-strutturale, batimetrico, morfologico e sismico dell'area che circonda le coste liguri e, nello specifico, dell'area attraversata dalla nuova condotta e cavo sottomarino oggetto dello scopo del lavoro generale.

2.2. Acronimi, Abbreviazioni e Unità di Misura

PROPONENTE	Snam FSRU Italia
PROGETTO	FSRU Vado Ligure
SITO	Vado Ligure, Liguria
TERMINALE	Include la FSRU ed il relativo ormeggio offshore a largo. Nella Gestione del Terminale rientra anche l'impianto a terra.
OPERE CONNESSE	Metanodotti (a mare ed a terra) di collegamento tra FSRU e Rete Nazionale Gasdotti e l'Impianto PDE
NAVI METANIERE	Navi metaniere che trasportano/prelevano GNL al/dal Terminale
SHIP-TO-SHIP	Configurazione di ormeggio delle NAVI METANIERE sul fianco della FSRU, per permettere le operazioni di scarico/carico di GNL.

2.2.1. Abbreviazioni e Simboli

DN	Diametro Nominale
DP	Pressione di Progetto
DTMS	Sistema di Ormeggio a torretta – Disconnettibile
FSRU	Unità galleggiante di stoccaggio e rigassificazione -
GNL	Gas Naturale Liquefatto
H _s	Altezza significativa dell'onda
KP	Punto di Progressiva
LTE	Terminazione a terra Condotta
OD	Diametro Esterno
PGA	Accelerazione orizzontale di picco al suolo
PSHA	Valutazione Probabilistica della Pericolosità Sismica
RNG	Rete Nazionale Gasdotti
SRA	Analisi di risposta Sismica al Suolo
SSIV	Valvola di sicurezza sottomarina di isolamento
SRG	Snam rete Gas
TLC	TeLeComunicazioni
T _p	Periodo dell'onda

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

UTM	Universal Transverse Mercator
WD	Profondità Mare
WGS	World Geodetic System
WT	Spessore tubo

2.3. Unità di Misura

Il sistema di unità metriche è utilizzato in questo studio, con le seguenti unità di misura aggiuntive:

- Capacità di trasporto condotta: Miliardi metri cubi standard/ anno (BSCM/y)
- Capacità di trasporto condotta: Milioni di piedi cubi standard al giorno (MMSCFD)
- Miglia Nautica per distanza marine (Mile): 1 nmi = 1.852 km
- Diametro nominale del Tubo: pollici (inches)
- Pressione: barg
- Temperatura: ° Celsius.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

3. RIFERIMENTI

3.1. Bibliografia

- /1/ Barsotti G., Federici P. R., Giannelli L., Mazzanti R., Savatorini G. (1974) - Studio del quaternario livornese, con particolare riferimento alla stratigrafia ed alle faune delle formazioni del bacino di carenaggio della Torre del Fanale. Mem. Soc. Geol. It
- /2/ Boccaletti M. e Danieli P. 1982 - Il Sistema Regmatico Neogenico Quaternario nell'area mediterranea: Esempio di Deformazione Plastico/Rigida Post-collisionale Mem. SGI 24 (1982) 465-482, 15 ff., 1 tav.
- /3/ Finetti I.R. 2006 - Basic regional crustal setting and superimposed local pluton intrusion-related tectonics in Larderello-M.Amiata geothermal province, from integrated CROP seismic data Boll. SGI 125 (2006) fasc. 1, 117-146.
- /4/ Gueguen et alii 2010 - The south Tyrrhenian sea margin: an example of lithospheric scale strike-slip duplex Ital.J.Geosci. vol. 129 n. 3 (2010), 496-505.
- /5/ J.P. Rehault, E. Moussat, A. Fabbri - Structural evolution of the Tyrrhenian back-arc basin, Marine Geology Volume 74, Issues 1-2, January 1987, Pages 123-150.
- /6/ Boccaletti M., Coli M., Decandia F.A., Giannini E., Lazzarotto A. (1980) - Evoluzione dell'Appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It., 21, 359-373.
- /7/ Bourcart J. (1956) - Sur l'age du delta du Varo C.R. sommo S.G.F., 264-266
- /8/ Carmignani L., Giglia G., Kligfield R. (1978) - Structural evolution of the Apuane Alps: an example of continental margin deformation in the Northern Apennines, Italy. Jour. of Geol., 86 (4), 487-504
- /9/ Charrier C., Fernandez D., Malaroda R. (1964) - La Formazione Di Pianfolco (Bacino Oligocenico Ligure-Piemontese). Atti Acc. Naz. Lincei, Mem., ser. 8, 7 (2), 23-81.
- /10/ Cortesogno L., Giammarino S., Tedeschi D. (1977) - Età dei lembi terziari di Lerca e Sciarborasca (Liguria occidentale) e loro implicazioni nell'evoluzione neotettonica del Gruppo di Voltri. Bol. Soc. Geol. It., 96 (3), 365-375
- /11/ Fanucci F., Giammarino S., Tedeschi D. (1980) - Il Pliocene della costa e del margine continentale dell'Appennino Ligure in rapporto alla neotettonica. Mem. Soc. Geol. It., 21, 259-265
- /12/ Gelati R. (1974) - Il limite Eocene-Oligocene nella successione stratigrafica di Costa Merlassino (Al). Riv. Ital. Paleont. Strat., 80 (I), 49-81.
- /13/ Giammarino S., Sprovieri R., Di Stefano I. (1984) - La sezione pliocenica di Castel d'Appio (Ventimiglia). Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A, 90, 1-26
- /14/ Gnaccolini M. (1970) - Andamento della linea di costa durante la trasgressione oligocenica nella regione compresa tra Bandita (Alessandria) e Celle Ligure (Savona). Riv. Ital. Paleont. Strat., 76, 327-336.
- /15/ Lorenz C. (1968) - Contribution à l'étude stratigraphique de l'oligocene et du miocene inferieur des confins ligure-piemontais (Italie). Atti 1st. Geo/. Univo Genova, 6 (2), 273-889.
- /16/ Menardi Noguera A. (1984) - Nuove osservazioni sulle strutture del massiccio del M. Carmo. Boll. Soc. Geo/. It., in corso di stampa
- /17/ Messiga B., Oxilia M., Piccardo G.B., Vanossi M. (1982) - Fasi metamorfiche e

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

- deformative alpine nel Brianzonese - Piemontese esterno delle Alpi liguri: un possibile modello evolutivo. Rend. Soc. It. Miner. Petr., 38, 261-280
- /18/ Sturani C. (1973) -Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali. Ace. Naz. Lincei, Q. 183, Atti Conv. «Moderne vedute sulla Geologia dell'Appennino», 119-142
- /19/ DISS Working Group, 2021, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.0: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- /20/ Meletti, C., F. Galadini, G. Valensise, M. Stucchi, R. Basili, S. Barba, G. Vannucci e E. Boschi, 2008, "A Seismic Source Zone Model for the Seismic Hazard Assessment of the Italian Territory", Tectonophysics, Vol. 450, pp. 85-108
- /21/ Santulin, M., A. Tamaro, A. Rebez, D. Slejko, F. Sani, L. Martelli, M. Bonini, G. Corti, M.E. Poli, A. Zanferrari, A. Marchesini, M. Buseti, M. Dal Cin, D. Spallrossa, S. Barani, D. Scafidi, G. Barreca e C. Monaco, 2017, "Seismogenic Zonation as a Branch of the Logic Tree for the New Italian Seismic Hazard Map-MPS16: A Preliminary Outline", Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, Vol. 58, pp. 313-342
- /22/ Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini e A. Antonucci, 2022, "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>
- /23/ Pagani, M., J. Garcia-Pelaez, R. Gee, K. Johnson, V. Poggi, R. Styron, G. Weatherill, M. Simionato, D. Viganò, L. Danciu e D. Monelli, 2018, Global Earthquake Model (GEM) Seismic Hazard Map (version 2018.1), DOI:10.13117/GEM-GLOBAL-SEISMIC-HAZARD-MAP-2018.1
- /24/ Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente – Linee guida sulle analisi granulometriche dei sedimenti marini
- /25/ Studio di Impatto Ambientale – Tirreno Power, Progetto di realizzazione di una nuova unità a ciclo combinato nella centrale termoelettrica di Vado Ligure.
- /26/ Studio di impatto ambientale, sintesi non tecnica – Progettazione definitiva ed esecutiva, esecuzione dei lavori della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure e gestione della parte relativa al terminal contenitori.
- /27/ Luigi Carbone, Marco Firpo e Alessio Rovere -Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse (DipTeRis), Università di Genova - Le variazioni ambientali nell'area di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

4. POSIZIONE DEL SITO DI PROGETTO E SISTEMA DI RIFERIMENTO

4.1. Posizione Sito del Progetto

La posizione del sito oggetto della presente relazione e del relativo sistema di esportazione gas con condotta sottomarina sarà al largo della costa della regione Liguria di fronte alla foce del torrente Quiliano.

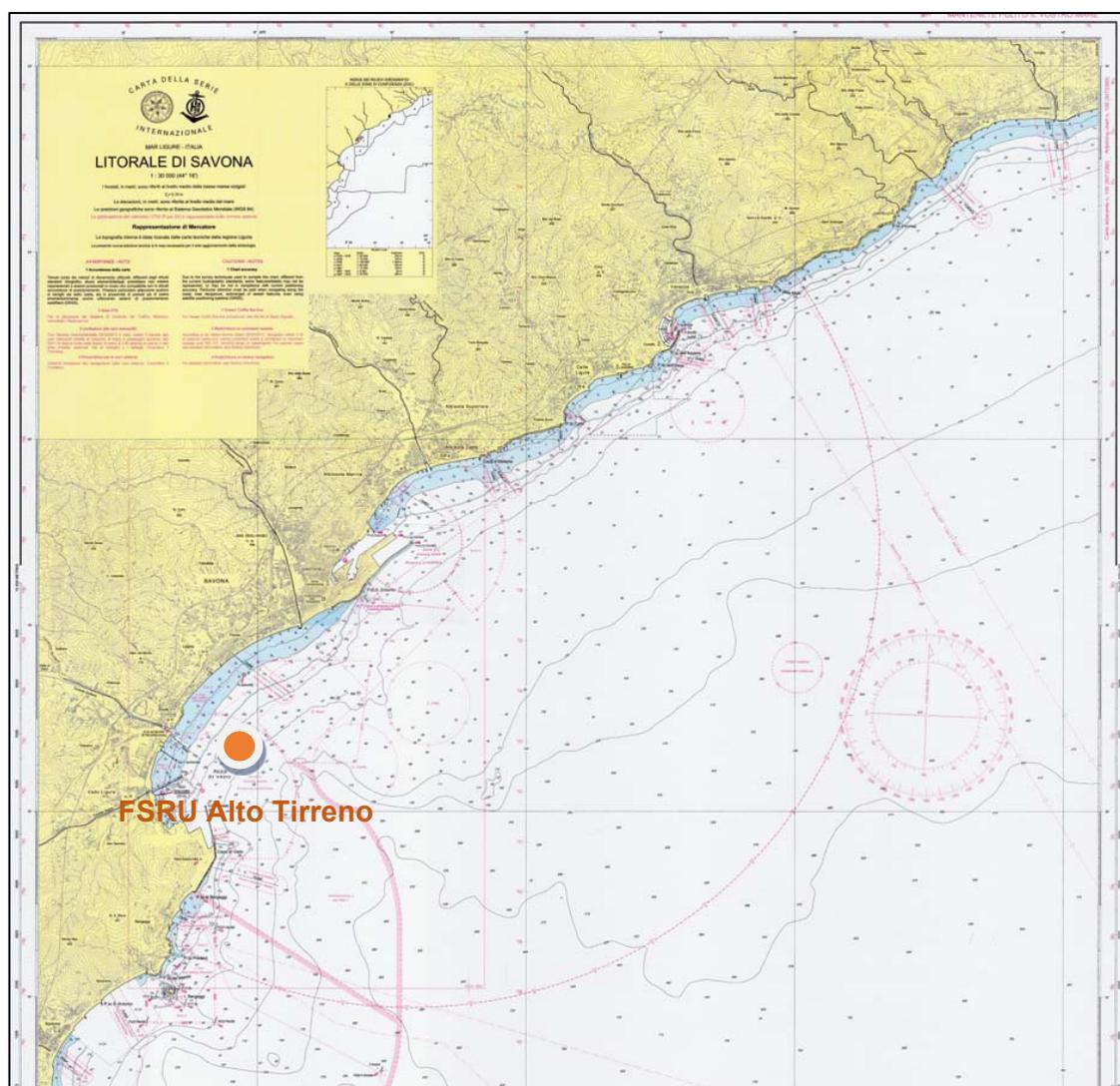


Figure 4-1 – Posizione del sito di progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

4.2. Sistema di Riferimento Geografico

La rotta del gasdotto e cavo sottomarino deve essere riferita ai seguenti parametri geodetici:

Parametri	Valore
Spheroid - Sferoide	World Geodetic System 1984
Semi-Major Axis (a) – Semiassse Maggiore	6378137.0000
Semi-Minor Axis (b) – Semiassse Minore	6356752.3142
Inverse Flattening (1/f) – Flattening Inverso	298.257223563
Datum	WGS84
Projection - Proiezione	UTM ZN 32N
Central Meridian (CM) – Meridiano Centrale	9 ° E
Latitude of Origin – Origine della latitudine	0° N
False Easting – Falso Est	500 000 m
False Northing – Falso Nord	0 m
Scale Factor on CM – Fattore di Scala	0.9996

Table 4-1 – Sistema di riferimento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

5.1. Assetto strutturale e formazione del bacino Ligure-Tirrenico

Il sito oggetto di studio della presente relazione si colloca immediatamente a mare in posizione prospiciente l'area di Vado Ligure, nella porzione settentrionale del bacino Tirrenico, regione Liguria. Questa si affaccia in corrispondenza della porzione settentrionale del mar Tirreno, golfo di Genova, bacino sedimentario in espansione la cui genesi geologica si colloca al centro di un complesso sistema di scontri tettonici che caratterizzano e hanno caratterizzato non solo la formazione della penisola italiana e della catena Appenninica, ma anche del mar Mediterraneo in tutta la sua estensione come viene conosciuta oggi.

L'area Mediterranea è infatti caratterizzata da uno schema tettonico che evidenzia come il mar Tirreno sia delimitato ad ovest dalla microzolla sardo-corsa, ad est dall'edificio appenninico (attualmente in fase di sollevamento) e a sud dalle propaggini occidentale della catena Magrebide (Ref. /2/). La catena Magrebide viene interrotta in Sicilia dalla linea di Taormina, faglia trascorrente destra, a nord-est della quale si trovano i terreni dell'Arco Calabro-Peloritano che si saldano lungo la linea di Sangineto all'Appennino meridionale lucano. La prosecuzione della Catena Magrebide si ritrova nel mar Ionio al fronte dell'Arco Calabro-Peloritano e più a nord si salda con la catena appenninica. Il limite nord dell'Arco Calabro-Peloritano è rappresentato dalla linea di Palinuro, importante trascorrente sinistra (Ref. /3/ e Ref. /1/) che dal Mar Tirreno prosegue verso est ed in Calabria prende il nome di Linea Cetraro-Rossano o linea di Sangineto. Oltre questa, altre faglie trascorrenti sinistre importanti a carattere regionali sono rappresentate dalla faglia 41° nord e dalla faglia di UEL, che delimita verso sud l'area oceanizzata tirrenica, con i vulcani Aceste, Anchise, Ustica, ed a seguire le isole Eolie.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

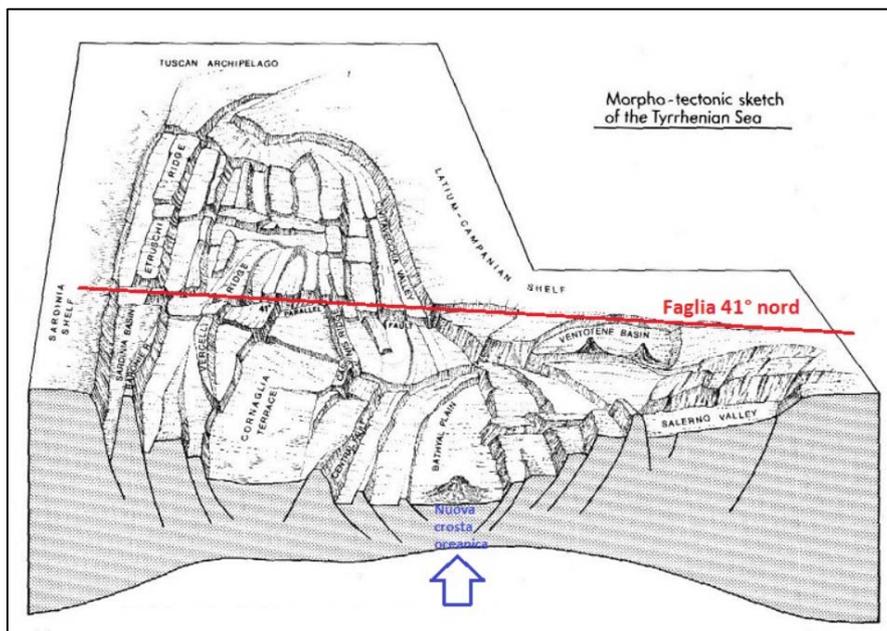


Figura 5-1

L'apertura dei nuovi bacini del Mediterraneo occidentale viene ad interferire con la naturale evoluzione della catena lineare prodottasi per suturazione del paleo-oceano ligure-piemontese e per successiva pro-pagazione, ad oceano cicatrizzato, della deformazione compressiva sulle croste continentali in collisione. Le nuove aree «oceanizzate» vengono infatti a sovrapporre i loro caratteri a quelli della suddetta catena: il Mar Ligure-Balearico viene ad incidere obliquamente la catena alpina dai settori provenzali al Gruppo di Voltri; l'alto Tirreno viene a tagliare le zone di radice comuni al settore corso delle Alpi Occidentali ~ dell'Appennino Settentrionale venendo il suo apice a lacerare il margine europeo. Nelle Alpi Marittime Liguri i suddetti avvenimenti sono essenzialmente documentati sia dalla distorsione nell'andamento planimetrico dell'arco alpino, gomito tra Alpi Occidentali e Alpi Marittime del ponente ligure, sia dalle modificazioni nei caratteri evolutivi del Bacino Terziario del Piemonte che dalle modalità dell'impostarsi e dell'evolversi del Mar Ligure. L'attuale assetto geologico-strutturale delle Alpi Marittime e del Golfo Ligure risulta quindi direttamente connesso all'apertura (dopo la fase di catena embrionale lineare) de' nuovi spazi del Mediterraneo occidentale ed al diapirismo del mantello che li accompagna.

Eocene e la catena Embrionale (Alpi Marittime Liguri)

Alla fine dell'Eocene il margine paleo-europeo si presentava profondamente deformato a seguito dell'avvenimento collisionale tra la paleo-europa e l'elemento crostale insubro-dinarico (Ref. /6/), essendo stato, almeno in parte, interessato da coltri alloctone di diversa pertinenza paleogeografica e di diverso spostamento. Si doveva già essere realizzata una catena embrionale lineare per la scomparsa degli spazi oceanici del Bacino ligure-piemontese e la conseguente collisione continente-continente. Una dimostrazione della avvenuta consumazione degli spazi oceanici può essere costituita dallo spostamento della deformazione sulle croste continentali in

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

collisione. Possono essere indicative di questo trasferimento le fasce di metamorfismo sin-cinematico presenti sia sulla crosta europea che su quella insubro-dinarico-appenninica, e che denotano importanti accorciamenti crustali.

Sulla crosta continentale europea una fascia di deformazione. Sin-metamorfica è rappresentata dal Brianzonese ed ha età eocenica superiore (Ref. /17/). Sull'Appennino la fascia analoga è di età più recente, Oligocene superiore, ed è rappresentata dalle Alpi Apuane (Ref. /8/). Nel quadro evolutivo ora accennato non si può tacere il ruolo dell'elemento padano che costituisce, almeno a partire da un certo momento, un avampaese comune sia alle Alpi Meridionali che all' Appennino Settentrionale, e presumibilmente anche alle Alpi Occidentali, comprese le Alpi Marittime della Liguria, se si considera che la retroflessione dell'intero edificio a falde delle Alpi è un evento padano vergente, sia pure con piccolo vettore di movimento. La catena embrionale determinata dalle prime fasi della collisione doveva presentare essenzialmente un andamento lineare. Quanto sopra è confortato dal fatto che in tutte le Alpi Occidentali, quindi anche nel segmento della Liguria di ponente, si riscontra grande identità nei caratteri strutturali, retroflessione e «ventaglio Brianzonese» compresi (Ref. /16/).

La suddetta unitari età strutturale viene ad indicare che la distorsione e la formazione dell'orodino che attualmente caratterizza le Alpi Occidentali, sono caratteri sovrainpressi alla catena lineare e quindi legati a fatti estranei e posteriori a quelli che avevano portato al realizzarsi della stessa. All'interno del suddetto margine europeo si stendeva, a Sud della paleo-latitudine di Genova, il Dominio Ligure e, più precisamente, quella parte residua di solco oceanico che risultava indenne dal metamorfismo per subduzione (Ref. /18/). Quanto sopra va ricollegato al fatto che la chiusura del paleo oceano ligure-piemontese e quindi la collisione degli elementi crustali europeo e insubro-dinarico appenninico, avveniva lungo fasce di subduzione (il cui marker è rappresentato dal metamorfismo di alta pressione dell'evento eoalpino) che non ricalcavano le zone isopiche della precedente fase di apertura, per cui si realizzava un margine convergente che, mentre a Nord veniva ad interessare la crosta austroalpina (zona Sesia), nei settori meridionali correva all'interno del solco oceanico ligure-piemontese. Il Dominio Ligure, anche se sfuggito a vere subduzioni, doveva però già presentarsi abbondantemente deformato e segmentato.

Trasgressione Oligocenica

Il quadro non sarebbe completo se non si precisasse che prima della fine dell'Eocene, nella zona più interna della nuova catena dovevano già manifestarsi locali accumuli di tipo continentale, Brecce di Costa Cravara, che per le loro caratteristiche documentano fasi di assestamento post-orogeno. Mentre su parte del Dominio Ligure, intensamente tettonizzato, si andava impostando, in chiara discordanza, una sedimentazione torbiditica, Arenarie di Ranzano, preceduta da più o meno potenti sequenze emipelagiche, Marne di M. Piano. L'Oligocene vede un mare di pertinenza orientale, padano, che viene a stendersi sia su un Dominio Ligure già deformato, sia sul margine interno della nuova catena alpina. Un ampio golfo andava progressivamente aprendosi verso W-SW, insinuandosi su quelle terre emerse rappresentate dé! unità pennidiche e liguri, che venivano ad occupare anche l'area su cui attualmente si estende il Golfo di Genova. Questo nuovo elemento fisiografico, il Bacino Terziario del Piemonte,

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

doveva quindi risultare raccordato, attraverso una più o meno ripida scarpa, con l'area in cui si andavano sedimentando le Arenarie di Ranzano.

Un rapido ringiovanimento del rilievo, le particolari condizioni climatiche, la morfologia relativamente aspra delle terre subito prospicienti al nuovo bacino marino portano alla rapida deposizione sul suo margine di conoidi alluvionali, il cui accrescimento (Ref. /14/) viene a rallentare ed in certo senso a contrastare l'ingressione marina. Dalle zone caratterizzate da forti accumuli, anche per coalescenza di più conoidi, e dai settori più instabili del margine, si aveva l'immissione anche in parti più profonde del bacino marino, sia per franamento che per ri-sedimentazione in massa, di più o meno cospicui corpi conglomeratici, che andavano ad interdigitarsi con sequenze torbiditiche sia prossimali che emipelagiche (Ref. /12/). I più antichi termini marini compaiono quindi alla estremità Nord-orientale del bacino Terziario del Piemonte e da qui il mare oligocenico avanza con linee di costa che progressivamente vengono ad interessare settori sempre più meridionali (Ref. /14/). Mentre la trasgressione investe la bordura settentrionale del Gruppo di Voltri, verso Ovest, sul Brianzonese ligure si impostano bacini continentali, come quello di Bagnasco (Ref. /15/), lungo depressioni ad andamento NNW-SSE, mentre più a Sud, sempre in una piccola depressione, ma questa volta sul Cristallino del Savonese, si imposta il piccolo bacino di Cadibona, che costituirà un importante deposito di lignite con resti di Vertebrati. Verso S-SW si viene quindi progressivamente a sviluppare un'ampia piattaforma a superficie alquanto irregolare, per cui, al di là del motivo generale (l'ingressione marina è preceduta da depositi continentali), si ha una certa varietà di sub-ambienti, con paleo-rilievi (Bric Mazzapiede, Ponzone, ecc.), dove si hanno notevoli sviluppi di facies coralgali. In alcuni settori, come nei dintorni di Ponzone (Ref. /9/), i sedimenti legati alla trasgressione marina (Formazione di Molare) risultano chiaramente discordanti con le Brecce di Costa Cravara e con sequenze fluvio-lacustri (Formazione di Pianfolco) ad esse connesse. Questa fase deformativa, che precede l'arrivo del mare oligocenico, va ricollegata a fasi tettoniche di assestamento della catena, post falde.

Movimenti intra-oligocenici, post trasgressivi, sono invece documentati nel settore Nord del Gruppo di Voltri, dove questo viene tagliato dalla linea Sestri-Voltaggio. Qui le dislocazioni interessano sia le Brecce di Costa Cravara che le sequenze conglomeratiche delle Formazione di Molare (Ref. /18/). Le suddette deformazioni, con movimenti di trascorrenza destra, vengono a controllare la deposizione solo della parte inferiore delle sequenze conglomeratiche. L'ingressione marina che, come abbiamo visto, ha inizio alla base dell'Oligocene e si protrarrà per tutto il periodo, avanza verso Sud-W investendo le Unità Brianzonesi liguri e insinuandosi profondamente verso Sud per giungere sino a Celle-Varazze (Ref. /14/) e Cogoletto (Ref. /10/), e cioè alle latitudini delle attuali rive del Mar Ligure (Fig. 1). La posizione degli affioramenti della costa ligure suggerisce un margine non facilmente delineabile, ma che comunque doveva estendersi nella zona del Golfo di Genova; quanto sopra tenendo anche conto dei caratteri dell'affioramento di Portofino (Ref. /17/) e di quei piccolissimi lembi conglomeratici che, non ancora ben indagati e cartografati, affiorano al margine Sud del Gruppo di Voltri tra Borzoli ed Arenzano. I sedimenti di piattaforma presentano caratteristiche variabili a seconda dei vari momenti di arresto o di ripresa dell'avanzamento dei depositi di «fan delta». Queste fasi di esitante progredire del mare vengono documentate dalla presenza nei suddetti depositi di sedimenti di spiaggia e di transizione alla piattaforma (Ref. /14/).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

In altri settori, invece, queste incertezze nella trasgressione portano, zona di S. Giustina, all'alternarsi di facies salmastro-continentali nelle prime sequenze marine; queste ultime documentate persino dal proliferare di ricche associazioni a coralli. Le potenze sono chiaramente legate alle modalità della subsidenza. I caratteri sedimentologici vengono ad uniformarsi quando, a seguito dell'accentuarsi di quest'ultima, ai depositi con caratteristiche di piattaforma vengono a sovrapporsi peliti emipelagiche (Marne di Rigoroso). Questo «annegamento» presenta, sempre nell'ambito dell'Oligocene, età differenti nelle varie parti del Bacino (Ref. /14/) e viene ad evidenziare il perdurare e l'exasperarsi di quei fenomeni disgiuntivi che vanno interessando il margine interno dell'edificio alpino. Sempre a questi fenomeni deformativi si deve la mobilitazione di sedimenti accumulatisi ai margini delle aree bacinali per cui, in differenti posizioni stratigrafiche si osservano, nelle suddette sequenze pelitiche, intercalazioni di corpi arenacei, con caratteri di «sediment gravity flows». Nell'estremità Sud-occidentale del Bacino, e cioè nella regione delle Langhe, l'arrivo dei sedimenti marnosi sulle sequenze conglomeratiche è rappresentato dalla Formazione di Rocchetta (Ref. /12/) attribuita all'Oligocene superiore, ad eccezione di alcune sequenze sommitali che nella zona di Ceva passano all'Aquitano inferiore.

Evoluzione Plio-Quaternaria del Mar Ligure

Avvenimenti di una certa rilevanza investono il bacino marino ligure al passaggio Miocene-Pliocene e sono documentati dai caratteri degli affioramenti pliocenici presenti nella Riviera di ponente e in quella francese (Figure 5-2). In generale si tratta di piccoli lembi, intrappolati in strutture che ricalcano con le loro direttrici l'attuale andamento costiero, essenzialmente costituiti da sedimenti argilloso-marnosi, interessati da passate detritiche costiero, essenzialmente costituiti da sedimenti argilloso-marnosi, interessati da passate detritiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

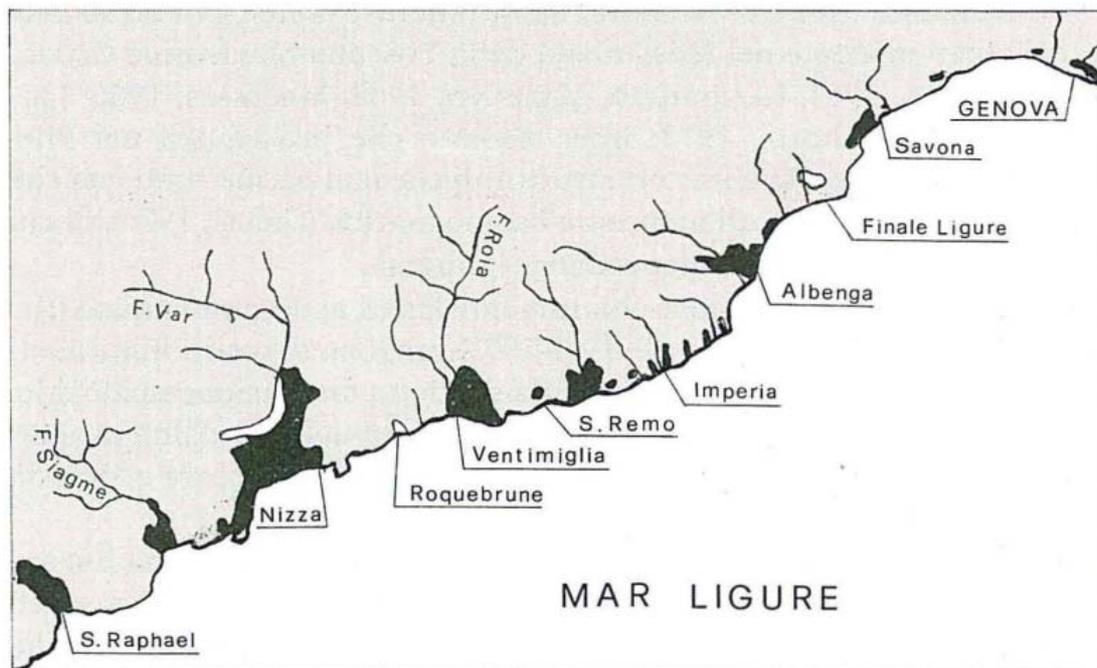


Figure 5-2 – Schema degli affioramenti marini neogenici del litorale delle Alpi Marittime franco-italiane. In nero i lembi pliocenici, in bianco quello miocenici.

Nei settori occidentali, e più precisamente, da Albenga fino alla costa francese, compare anche una forte componente conglomeratica che, a volte, viene ad assumere, Bacini di Ventimiglia e del Var, rilevante predominanza rispetto alle altre litologie. Lo studio di questi lembi ha permesso di chiarire che l'ingressione pliocenica non è esclusivamente imputabile ad un repentino innalzamento marino dopo la «crisi» messiniana, ma che la trasgressione si manifesta su un margine interessato da vistosi fenomeni di collasso. Quanto sopra è documentato dalla quasi generale presenza di sedimenti, argille e argille marnose epi-batiali a diretto contatto con il substrato (Ref. /13/). Tali sequenze sono interessate da corpi sedimentari con geometria e caratteri litologico-tessuturali alquanto differenti: ad esili passate siltoso-arenacee e a veri e propri livelli torbiditici, si accompagnano corpi lentiformi con caratteristiche di «grain flow» e di «debris flow». Il materiale di cui sono formati è quanto mai eterogeneo, risultando, a seconda delle variabili di cui sopra, costituito sia da sedimenti e cenosi dell'ambiente meso e infralitorale che da elementi intraformazionali (frammenti decimetrici di banchi argilloso-marnosi con caratteri simili a quelli delle sequenze in cui risulta canalizzato) ed extraformazionali anche di grosse dimensioni, con cenni di gradazione inversa. Vengono praticamente a mancare, eccezion fatta per la Pietra di Cisano (Albenga), sequenze sedimentarie di piattaforma, e tanto più tracce dell'antica linea di riva. Le uniche conoscenze delle facies meso e infralitorali e delle biocenosi che le costituiscono risultano possibili solo con un inventario dei materiali risedimentati.

I caratteri sino a qui riportati testimoniano un ciclo sedimentario che viene ad impostarsi e ad evolversi su di un margine particolarmente attivo, caratterizzato da una struttura a gradoni in rapida evoluzione. Le suddette fasi di collasso al passaggio Miocene-

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

Pliocene vengono anche riscontrate in mare (Ref. /11/) dove sono documentati sistemi di faglie, con forti rigetti, che dislocano i livelli evaporitici (o per lo meno il substrato pre-pliocenico) e che vengono a smorzarsi nella copertura plio-quadernaria. La presenza, nei settori occidentali, di rilevanti corpi conglomeratici (fatto particolarmente evidente nei Bacini di Albenga, S. Remo, Ventimiglia e del Var) sia in troncatura alle argille epibatiali (Ref. /13/) che a diretto contatto del substrato, viene a documentare una brusca variazione nella dinamica deposizionale di questi settori. Nelle aree settentrionali, la ripresa dei movimenti di sollevamento che aveva già determinato il delinarsi degli archi Subalpini di Castellana, Nizza e del Roya, permette l'immissione nel bacino, nel quale continuavano a manifestarsi fasi di collasso, di materiali derivanti dall'intensa fase erosiva che accompagna il ringiovanimento dei rilievi. Questa fase, sempre nel Pliocene inferiore, zona a Globorotalia margaritae, viene a mancare nei Bacini del Savonese e di Genova, testimoniando una certa stabilità del margine in questi settori.

Alla fine del Pliocene inferiore, si registra un generale sollevamento di tutto il margine sommerso, con spostamento della «flessura» continentale (Ref. /7/) nella zona a mare dell'attuale linea costiera. Trattasi di una fase di sollevamento di grande rilievo, che porta all'emersione di una parte del margine sommerso di cui gli attuali affioramenti, disseminati tra Genova e S. Raphael (Bacino dell'Argens), ne vengono a rappresentare una modesta parte. Questi, infatti, risultano impigliati in strette ed allungate depressioni, o per lo meno delimitati e troncati da sistemi di faglie che vengono a condizionarne la geometria. Il parallelismo tra l'andamento dei suddetti affioramenti e quello costiero va ricercato nel fatto che ambedue i sistemi risultano controllati dalle stesse direttrici tettoniche e strutturali. La presenza di Pliocene superiore è documentata solo in ridotti settori del bacino di Ventimiglia (Ref. /13/) e del Var nei quali però non è stato possibile accertare continuità nell'ambito della sedimentazione pliocenica. La fase d'innalzamento si deve essere protratta anche in tempi più recenti in particolare nei settori degli archi Subalpini, dove sequenze del Pliocene inferiore si trovano dislocate a m 600 (Levens nel Bacino del Var) e m 540 (M. Bellenda nel Bacino di Ventimiglia). In questo tratto costiero viene a delinarsi, in modo embrionale, l'attuale piattaforma con caratteristiche, presenza di horst e graben, che ricalcano, anche in tempi successivi, gli avvenimenti tettonicosedimentari documentati dall'area emersa. Nei settori ad Est di Genova non si conoscono affioramenti pliocenici, ma le informazioni che si possono avere dalle indagini a mare (Ref. /3/) vengono a confermare che il delinarsi dell'attuale piattaforma va ricollegato a fasi di collasso riferibili al Pliocene basale e che la sua evoluzione è determinata dai rapporti tra sedimentazione e subsidenza; rapporti che, in quei settori caratterizzati da accumuli preferenziali, risultano chiaramente legati ad un più accentuato controllo tettonico.

5.2. Assetto Geo-Morfologico della regione Liguria

Il territorio della Liguria si sviluppa su una sottile striscia di terra larga dai 7 ai 35 Km, lunga mediamente circa 240 Km, affacciata direttamente sul mar Ligure e delimitata a nord dai contrafforti montuosi appartenenti ai sistemi orografici alpino e appenninico. Le catene montuose sono il risultato di enormi masse rocciose (distinte in falde o unità tettoniche) che, durante le varie fasi orogenetiche, sono state deformate, traslate e dislocate dalla loro posizione originaria e impilate una sull'altra. In Liguria sono così

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

presenti due sistemi di appilamento o di vergenza, corrispondenti a ponente alla catena alpina e a levante a quella appenninica.

Il confine, o meglio la linea che differenzia i due settori è individuata, allo stato attuale delle conoscenze, in corrispondenza di una lineazione tettonica conosciuta in letteratura come "Linea Sestri Voltaggio".

Dalla linea dello spartiacque, posta a una quota media di circa 1000 metri sul livello del mare, si osserva una disposizione asimmetrica dei versanti che comporta un'energia di rilievo mediamente più elevata lungo il settore tirrenico rispetto a quello padano. In particolare, il versante marittimo, nel tratto appenninico, presenta una disposizione delle valli parallele alla linea di costa (ad esempio Val Fontanabuona o Val di Magra), diversamente dall'area alpina dove l'asse vallivo presenta mediamente un assetto submeridiano.

Le fasi principali dell'orogenesi alpina si realizzarono, nel settore delle Alpi liguri, all'incirca tra i 90 e 40 milioni di anni fa, attraverso l'avvicinamento e la successiva collisione di due paleocontinenti: l'Euroasia e l'Africa. Ciò produsse la deformazione sia dei materiali oceanici interposti, sia di quelli continentali più prossimi alla zona di collisione, che vennero traslati verso l'avampaese e sovrapposti gli uni sugli altri, formando un edificio a falde di ricoprimento.

L'orogenesi appenninica è legata all'apertura del mar Ligure avvenuta nel Miocene inferiore (24-5 milioni di anni fa). Anche in questo caso la rotazione del blocco sardo-corso ha determinato un raccorciamento crostale e quindi l'appilamento di falde verso le regioni esterne, ossia verso l'attuale Adriatico. In epoche più recenti (Oligocene e Miocene) il mare, avanzando sulle terre emerse, forma un bacino (noto come "bacino terziario piemontese") che corrisponde in parte all'attuale versante padano.

Le successive fasi distensive plioceniche hanno determinato una tettonica di tipo fragile instaurando situazioni di alti e bassi morfologici con prevalenza di depositi fini (esempio: argille di Ortovero). Le lineazioni principali, associate a tale dinamica distensiva, presentano orientazioni prevalenti verso NO-SE, NE-SO, N-S e E-W e risultano condizionare spesso la disposizione degli assi vallivi, della linea di costa e l'evoluzione dei rilievi.

Da un punto di vista geologico in senso lato è possibile individuare alcuni ambiti di caratteristiche litologiche omogenee.

Nella zona compresa tra Ventimiglia e Albenga sono ben rappresentati i flysch calcareo marnosi e arenacei, tra cui spiccano il gruppo calcareo del Toraggio (1973 m), Pietravecchia (2038 m) e il monte Saccarello (2200 m), il più alto della regione.

Nell'area centro-occidentale prevalgono, nell'areale savonese, litotipi appartenenti al "dominio Brianzonese" (principalmente gneiss, anfiboliti, graniti, porfiroidi e successioni sedimentarie calcareo dolomitiche) mentre nel genovesato, fino al passo dei Giovi, si rilevano terreni di natura metamorfica (ofioliti e calcescisti) oltreché argilliti e successioni carbonatiche, lungo l'allineamento Sestri Voltaggio.

Nel settore di competenza padana sono presenti litotipi afferenti al complesso sedimentario denominato "Btp - bacino terziario piemontese" sovrastanti, in discordanza stratigrafica, i terreni sopra citati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

A levante dei Giovi, fino all'abitato di Chiavari, il versante marittimo è costituito prevalentemente da flysch calcareo marnosi, per la restante parte si rilevano flysch scistoso argillitico e, in minor misura, successioni ofiolitiche e arenacee. Nell'estremità orientale ligure affiorano rocce calcaree e arenacee di natura flyschoidi afferenti alle sequenze toscane.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

6. INQUADRAMENTO SISMICO

La regione Liguria è una regione soggetta ad una sismicità di basso-media intensità. Sebbene la pericolosità sismica non sia particolarmente elevata, l'alta concentrazione di centri abitati, beni artistici e culturali rendono la Liguria una regione a moderato rischio sismico.

Il territorio regionale è caratterizzato da pericolosità sismica che è più elevata in corrispondenza dei settori orientali e occidentali e diminuisce nella parte centrale. I valori di accelerazione previsti dal modello di pericolosità sismica (probabilità del 10% in 50 anni) sono compresi tra 0.005 e 0.175 g con i valori più bassi che si hanno in corrispondenza dell'area intorno la città di Genova.

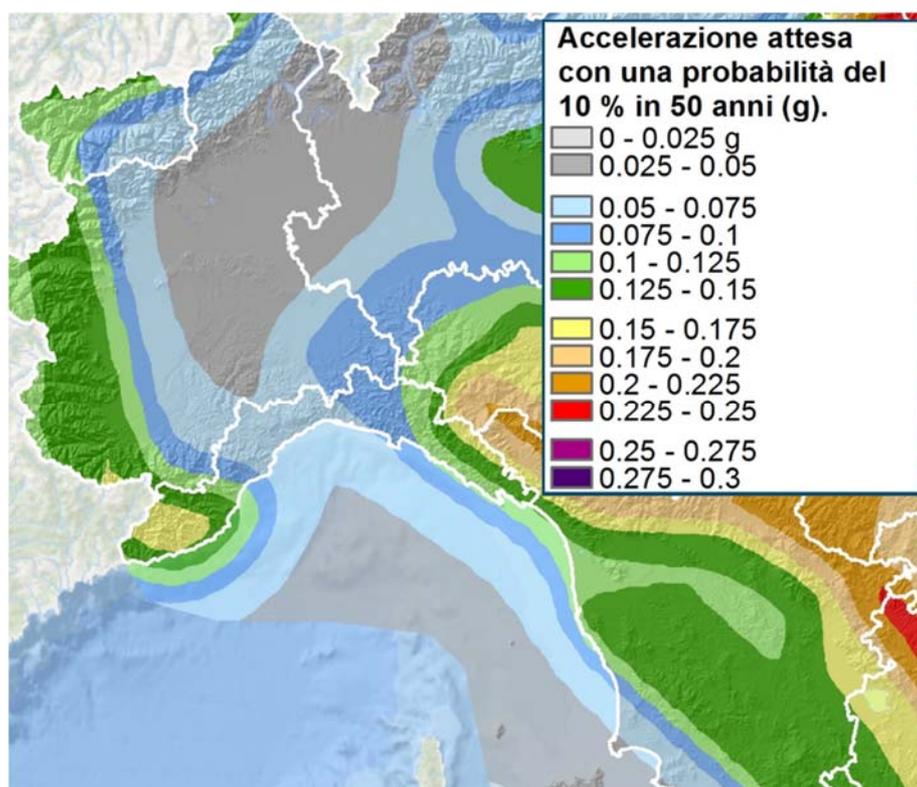


Figura 6-1 – Pericolosità sismica in Liguria - In seno all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, viene individuata la pericolosità sismica di riferimento per tutto il territorio nazionale. La figura sopra mostra come l'area di studio a mare ricada in due zone, che combinate hanno un range di accelerazione massima (a_g) al suolo compresa tra 0.075 e 0.100 (per un periodo di ritorno di 475 anni).

Più nello specifico, la sismicità dell'area in corrispondenza del sito viene qui presentata per mezzo di potenziali modelli di sorgenti sismogenetiche (Figura 6-2) e della distribuzione dei terremoti storici nell'area circostante (Figura 6-5). I modelli di sorgenti sismogenetiche mostrati includono:

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

- DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Ref. /19/);
- ZS9 - Zonazione sismogenetica per l'Italia di INGV (Ref. /20/);
- Santulin et al. (Ref. /21//21/);

Considerando il modello DISS (Ref. /19/) il percorso proposto ricade solo in prossimità delle sorgenti sismogenetiche ITCS022 - Imperia Promontory e ITIS130 - Imperia Promontory caratterizzata da strutture fragili con andamento NNE-SSW (Mw massima registrata di 7.4).



Figura 6-2 – Distribuzione sorgenti sismogenetiche presso l'area di studio

Secondo il modello ZS9 (Ref. /20/), il sito è localizzato in corrispondenza della sorgente sismogenetica 910, pur non ricadendone completamente all'interno (Figura 6-3). Tale sorgente rappresenta la porzione meridionale della catena Alpina nord-occidentale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

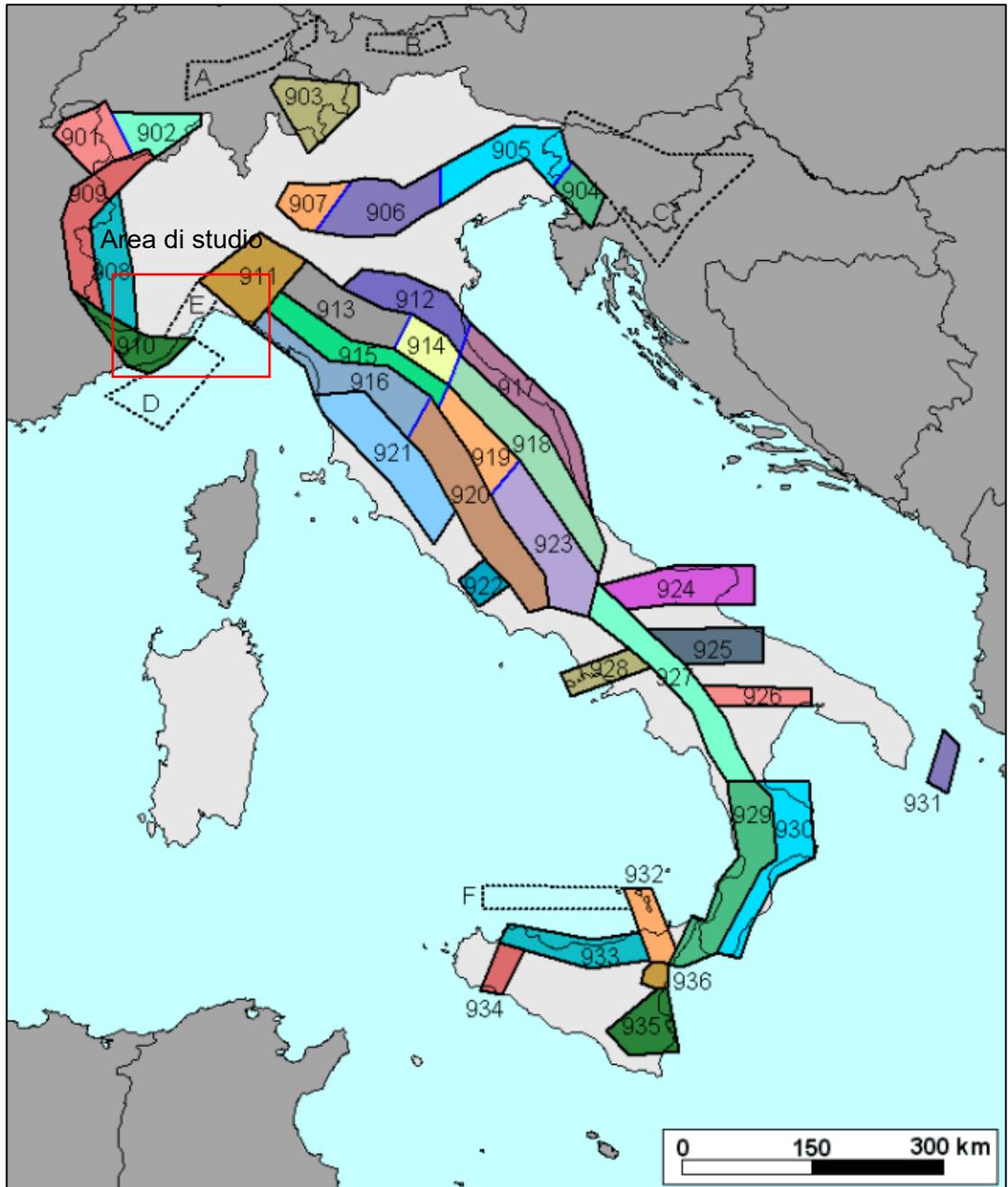


Figura 6-3 – Sorgenti sismogenetiche presso l'area di studio secondo il modello ZS9

Nel modello di Santulin et al. Ref. /21/; l'area di studio ricade nella sorgente compresa tra la 302 e la 303.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

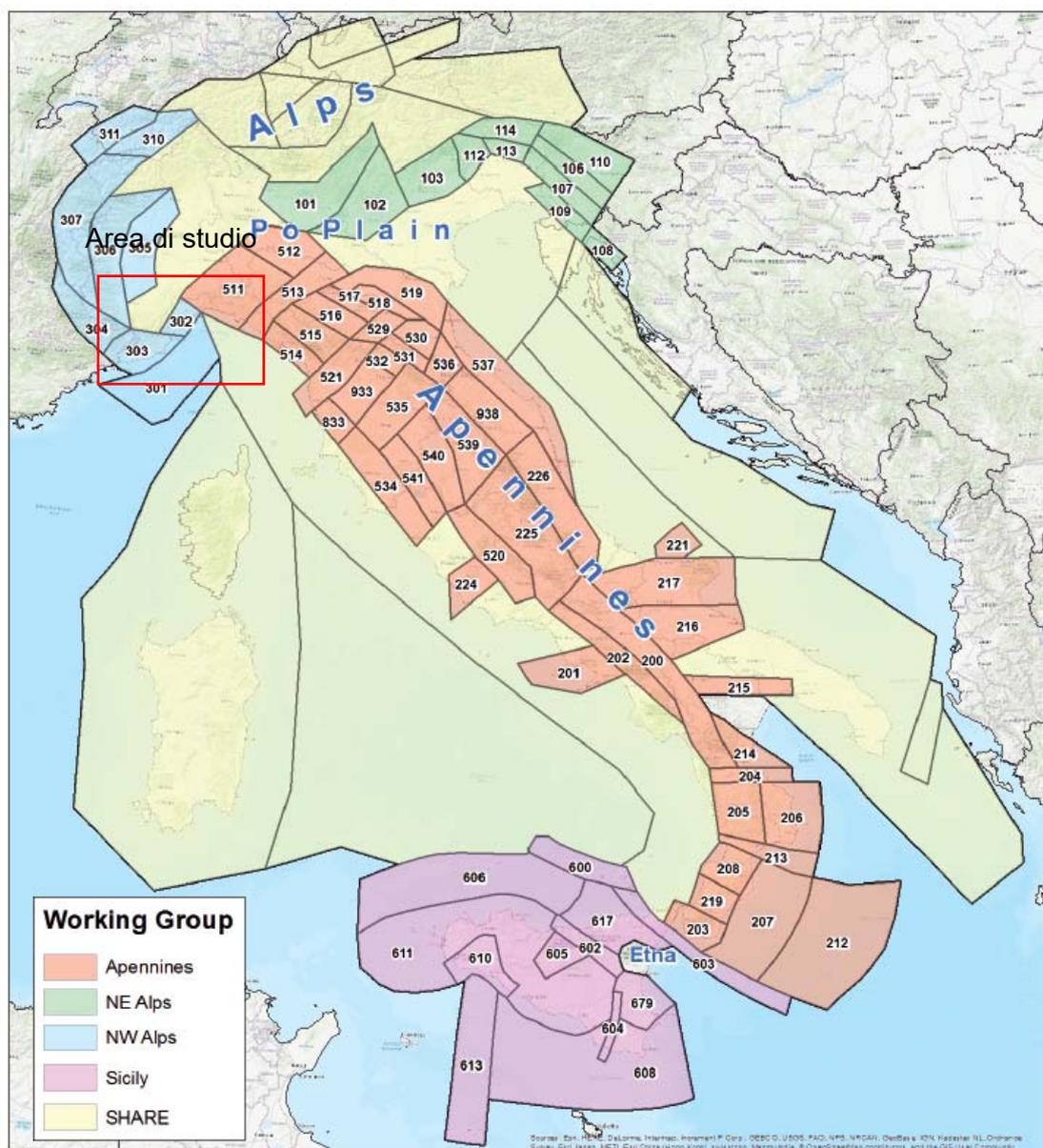


Figura 6-4 – Sorgenti sismogenetiche secondo Santulin et. Al (Ref. /21/);

La Figura 6-5 presenta la distribuzione e la magnitudo dei terremoti in base al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (versione 4.0 del 2022), considerato il catalogo più aggiornato per il territorio italiano, redatto e rivisto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) per eliminare gli eventi fittizi e multipli Ref. /22/). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo momento (MW) ≥ 4 relativi al territorio italiano, nella finestra temporale 1000-2020.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

La Figura 6-5 mostra come nelle immediate vicinanze (in un raggio di circa 10 km centrato sulla città di Vado Ligure) dell'area di studio non si siano verificati eventi rilevanti ($MW > 4$). Tuttavia, al di fuori di questo raggio, alcuni eventi sismici con alta magnitudo si sono verificati: un esempio è quello del sisma avvenuto nel 1887 in corrispondenza delle colline Liguria Occidentale, con Mw 6.27.



Figura 6-5 – Distribuzione dei terremoti in centro Italia secondo Ref. /22/.

Il progetto GEM (Global Earthquake Model) (Ref. /23/) ha realizzato una mappa di PGA (Peak Ground Acceleration) con valori di accelerazione massima al suolo per un periodo di ritorno di 475 anni che per il sito proposto variano da 0.13 g a 0.35 g (Figura 6-6).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

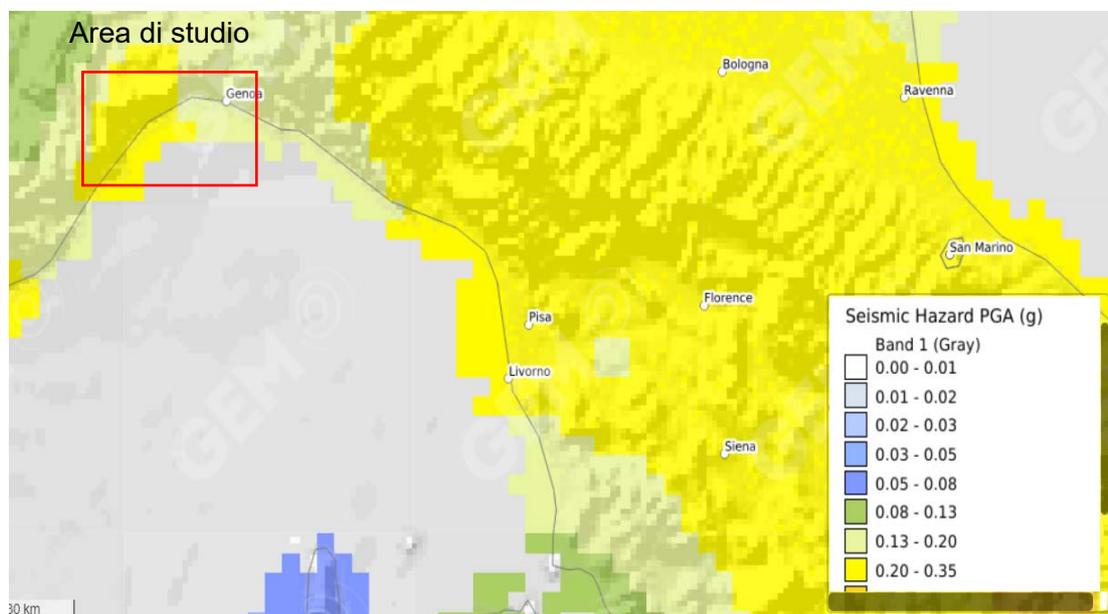


Figura 6-6 – Valori di PGA secondo il GEM per un periodo di ritorno di 475 anni.

In conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3274 del 2003, con la quale si stabiliscono i nuovi criteri per la classificazione sismica del territorio italiano (livello di pericolosità), l'area in prossimità di Vado Ligure è classificata (nella zona a terra) come zona 3, avente accelerazione massima su suolo rigido > 800 ms (a_g compresa tra 0,05 g e 0,15 g per periodo di ritorno di 475 anni), nella quale la pericolosità sismica risulta bassa, ma può essere soggetta a scuotimenti modesti (Figura 6-7 e Figura 6-8).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

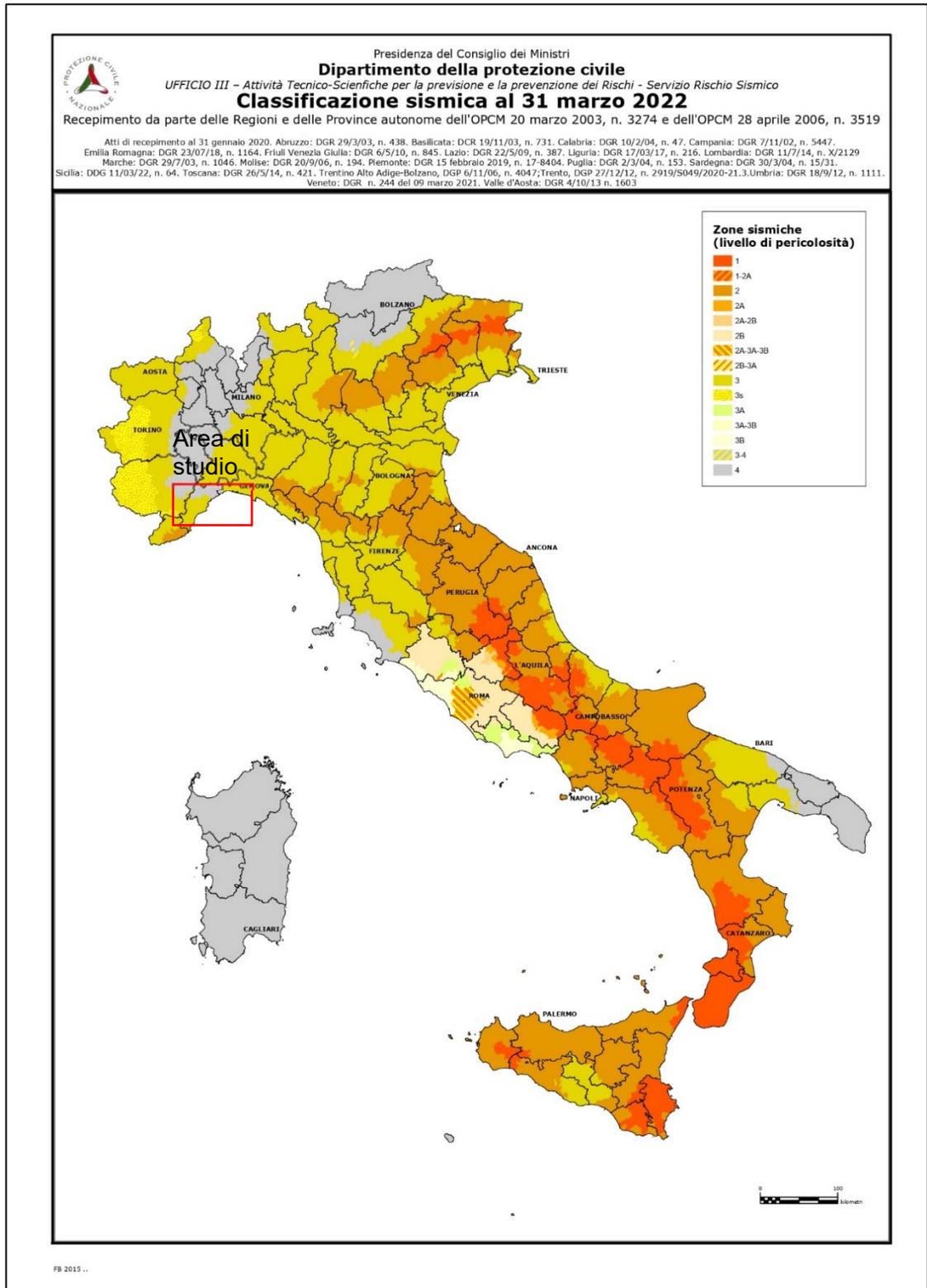


Figura 6-7 – Classificazione sismica del territorio italiano

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

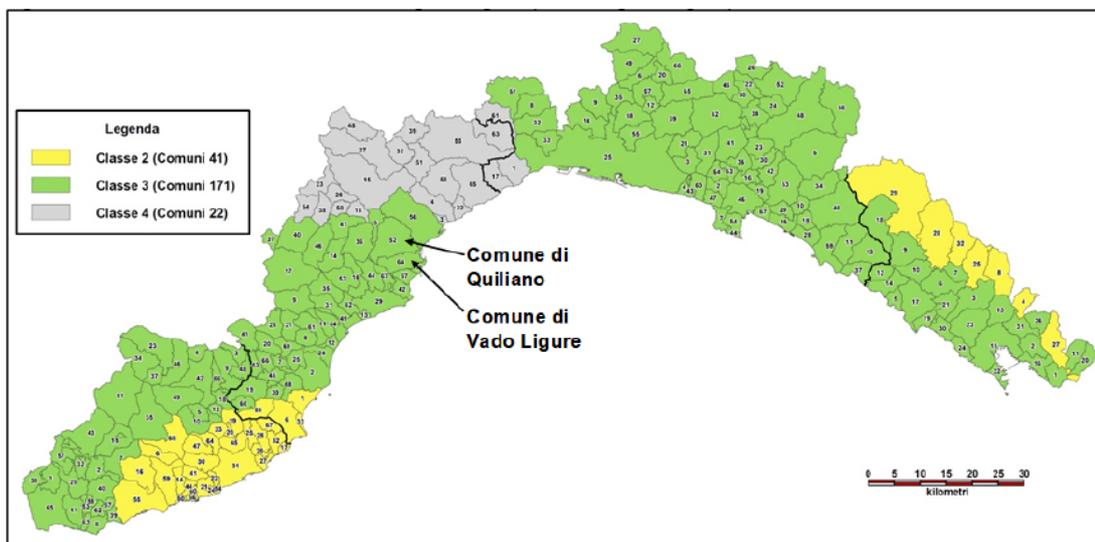


Figura 6-8 – Classificazione Sismica Regione Liguria secondo all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3274 del 2003.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

7. INQUADRAMENTO BATI-MORFOLOGICO

La regione Liguria è caratterizzata da una linea di costa che si estende per circa 330 km dal settore occidentale confinante con la Francia a quello orientale confinante con la regione Toscana.

La piattaforma continentale che caratterizza i fondali marini liguri si estende per pochi chilometri nei pressi della riviera di Ponente mentre tende ad espandersi verso levante, in prossimità di Punta Bianca. La scarpata continentale che collega la piattaforma alla piana abissale presenta numerosi canyon sottomarini che si estendono principalmente in direzione sud-est fino a profondità di circa 2000 m.

La rada di Vado Ligure è costituita da un'ampia insenatura con raggio di curvatura maggiore a levante e minore a ponente. Da ovest verso est si distinguono il promontorio roccioso noto come punta di Capo Vado con l'omonimo porto protetto da una diga foranea e una spiaggia di sabbia fine lunga 450 metri e scali per le demolizioni navali.

La foce del torrente Segno può essere considerata come l'inizio del litorale della città di Vado Ligure: questo è formato da un piccolo terrapieno e da una spiaggia che termina alla foce del torrente Quiliano ed è interrotta solo dal pontile adibito ad opera di presa delle acque di raffreddamento della centrale Tirreno Power. Confinante col torrente Quiliano è il comune della città di Savona che si apre con una spiaggia seguita dal torrente Letimbro e l'area portuale Savonese con una lunga scogliera e una diga foranea a difesa delle strutture portuali.

Il tratto offshore antistante l'area di Vado Ligure è caratterizzato da una morfologia complessa che si evince principalmente dalla distribuzione delle batimetrie. Le caratteristiche principali sono elencate di seguito:

- Un tratto di piattaforma continentale sulla cui superficie non sono presenti incisioni da canyon o forme complesse fino alla profondità di circa 70 m.
- Ampio canyon sottomarino con asse inclinato di circa 130° la cui rottura di pendenza è localizzata intorno ai 60-70 m di profondità. L'incisione valliva tende ad allargarsi all'aumentare della profondità ed è visibile fin oltre la batimetrica dei 900 m.
- Un promontorio sommerso si affianca e delimita l'ampio canyon sottomarino a sud-ovest: questo si prolunga a partire dall'isola di Bergoggi in direzione sud-est con una pendenza media del fondale di circa 2.6° e inclinazione dell'asse di circa 120°.
- Promontorio sommerso che delimita il canyon sottomarino sul fianco nord-occidentale con asse di allungamento disposto a circa 130°. La pendenza media del fondale lungo l'asse è di circa 1° mentre il settore che si estende nei pressi della foce del Segno degrada regolarmente in direzione verso est con un'inclinazione di porco inferiore a 2° ed un'ampiezza di circa 2 km.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

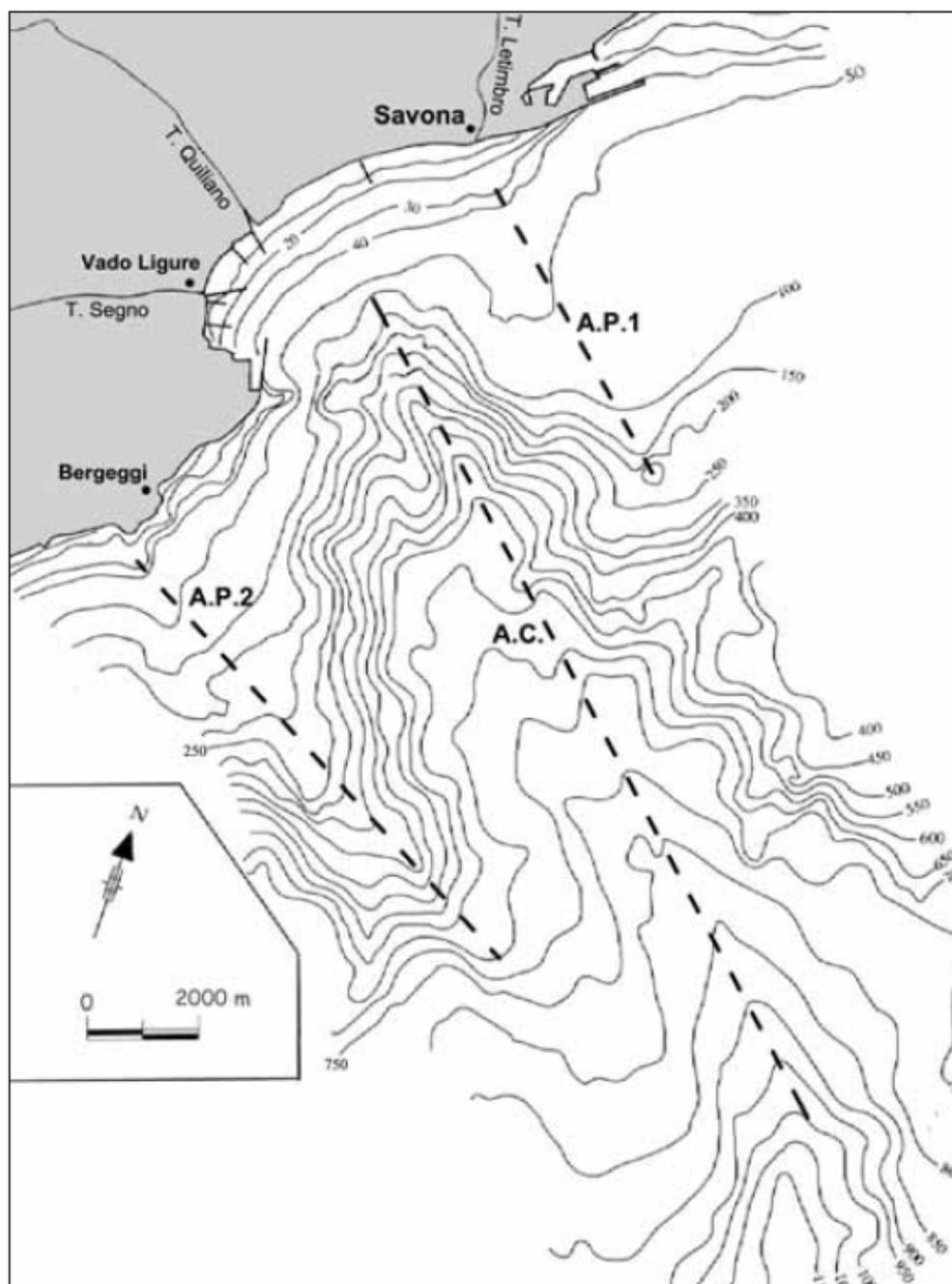


Figura 7-1 – Carta batimetrica antistante l’area di Vado Ligure. Si osserva un tratto di piattaforma privo di elementi morfologici complessi fino alla profondità di circa 70 m oltre la quale è presente un canyon sottomarino (A.C., inclinazione 130 °) che si sviluppa fino alla profondità di 1000 m circa. I due promontori a SO e a NE (A.P.2 e A.P.1) disposti con asse di allungamento a 120° e 130° corrispondono ad un sistema di faglie ortogonali alla costa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

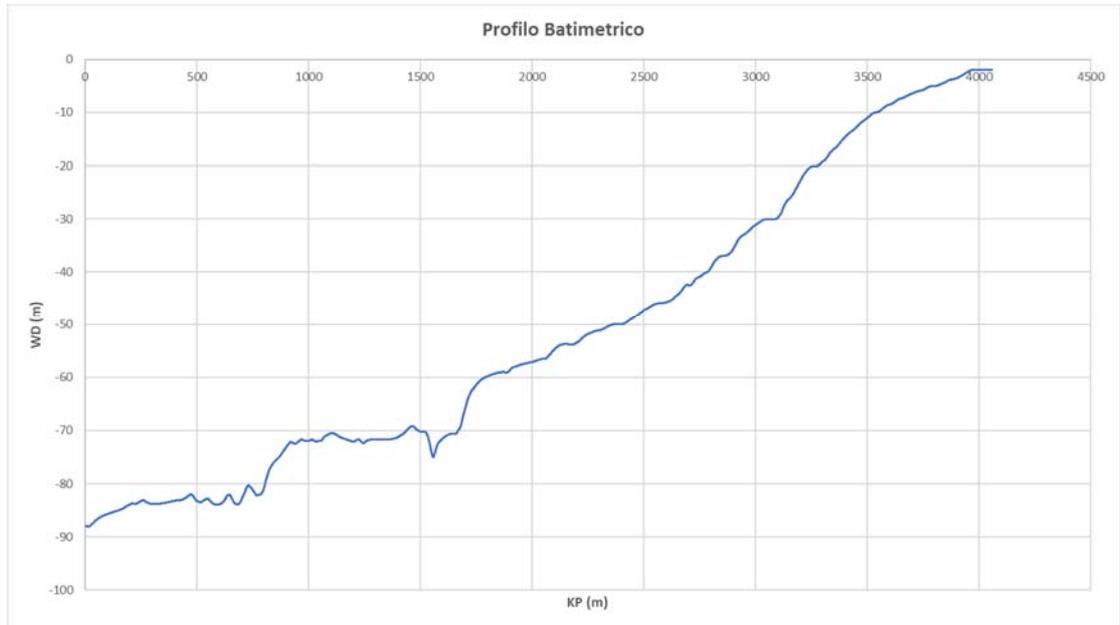


Figura 7-2 – Profilo batimetrico nuovo gasdotto oggetto dello scopo del lavoro (Rotta 6c)

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 33	Rev. 1

Rif. Saipem: ZA-E-70231

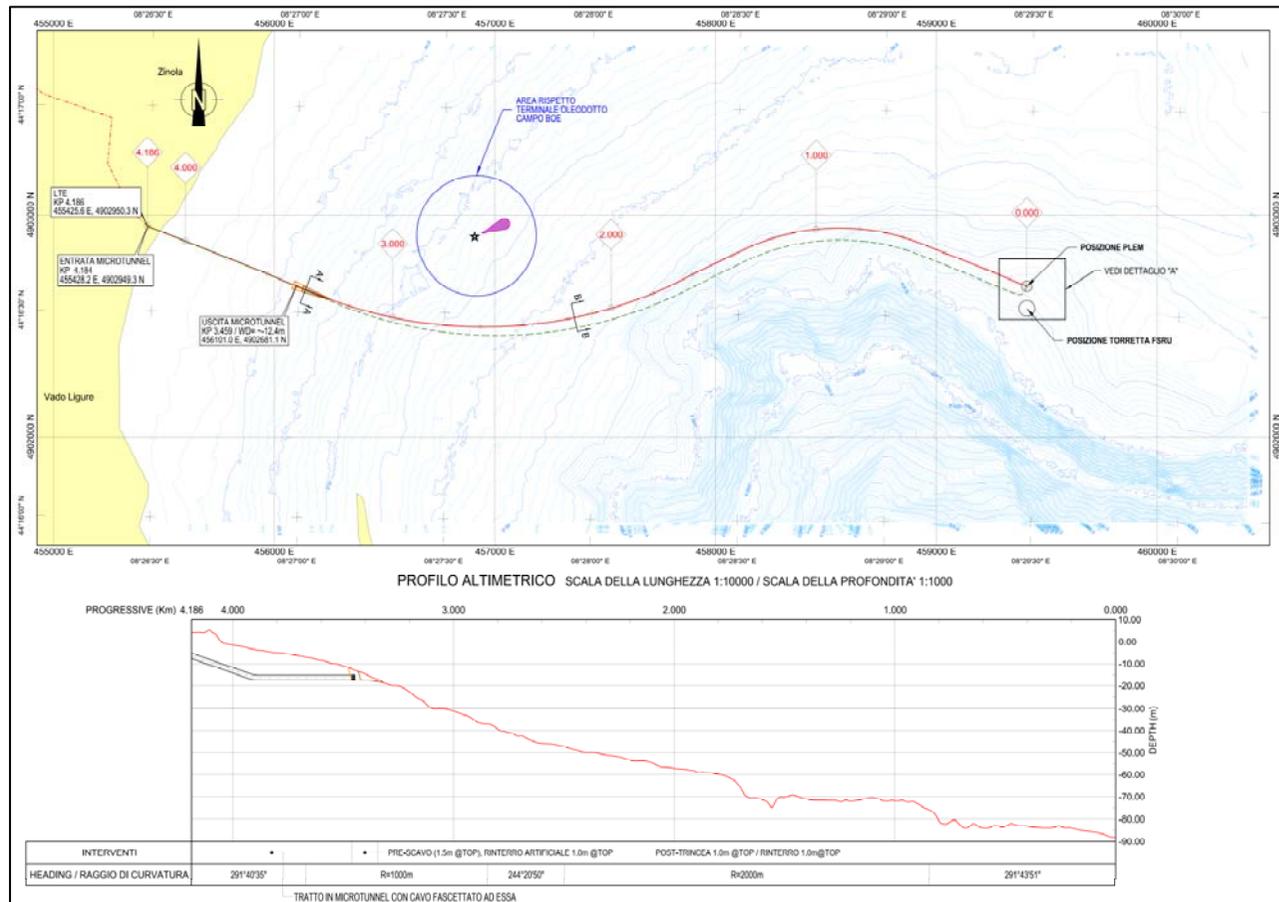


Figura 7-3 - Batimetria di dettaglio dell'area di progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO	Pag. 32 di 33	Rev. 0

8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le linee guida per le analisi granulometriche (Ref./24/) riportano come la piattaforma continentale ligure sia caratterizzata dalla presenza di sedimenti marini derivanti dal disfacimento di rocce prevalentemente cristalline, soprattutto a Ponente, mentre nei pressi del settore di Levante son presenti dei sedimenti che derivano sia da rocce cristalline che arenacee e carbonatiche-marnose. Da un punto di vista granulometrico, i sedimenti variano da sabbie grossolane a sabbie molti fini con le frazioni argillose che aumentano procedendo verso il largo.

L'ambiente costiero di Vado Ligure è caratterizzato dalla presenza di sedimenti sabbio-limosi e limo-sabbiosi dall'area prospiciente la costa fino a 40-50 m circa mentre a profondità maggiore tendono essere presenti in superficie sedimenti più fini (fanghi terrigeni costieri, come da Ref. /25/). Tale caratterizzazione è confermata dalle informazioni contenute all'interno della Ref. /26/ dove un suolo limoso debolmente sabbioso e argilloso caratterizza il litorale di Vado Ligure con uno spessore variabile dai tra gli 8 e 10 m circa.

All'interno della Ref. /27/ vengono riportate delle indagini profonde (carotaggi e indagini sismiche ad alta risoluzione) effettuate in merito alla realizzazione della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure. I carotaggi evidenziano in superficie dei limi sabbiosi e limi argillosi con spessori variabili tra i 7 m (profondità comprese tra i 15 e 20 m, carotaggi più "esterni, SG1 ed SG2) ed i 2 m (profondità dell'acqua compresa tra 5 e 10 m, carotaggi interni, SG6

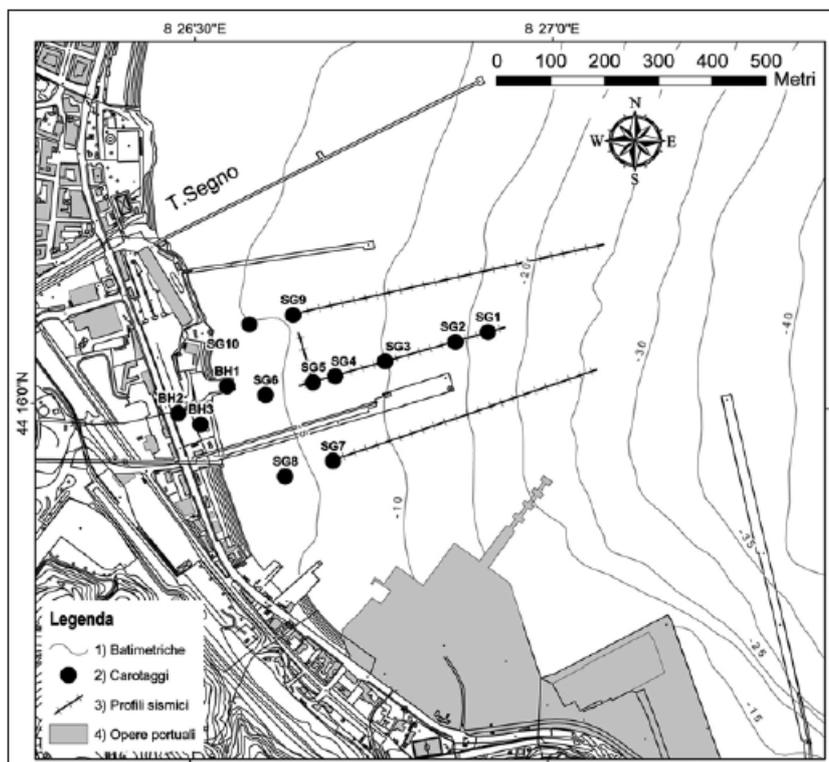


Figura 8-1 – Distribuzione dei sondaggi per la nuova piastra multifunzionale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITA
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-300-E-12010	
	PROGETTO PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO	Pag. 33 di 33	Rev. 0

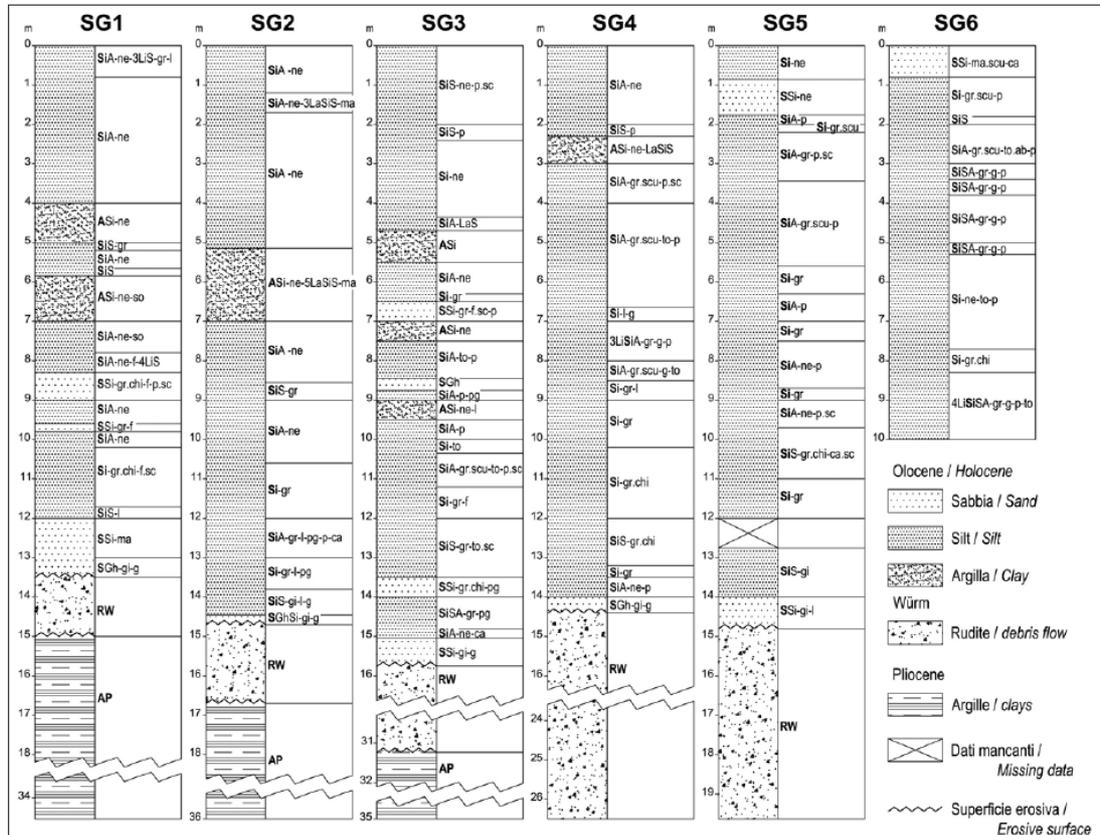


Figura 8-2 – Stratigrafia ai sondaggi effettuati nei pressi dell’area della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure.

Sulla base delle informazioni sopra riportate, è stata definita la seguente caratterizzazione geotecnica. Si precisa che i parametri associati ai suoli sono stati definiti sulla base dei tipici valori riportati in letteratura e che aggiornamenti verrà effettuati nel momento in cui delle indagini sito-specifiche verranno effettuate.

KP		Suolo di riferimento	γ_{tot}	ϕ'	D_r	S_u
Da (m)	A (m)	-	deg	[%]	kPa	kPa
0.000	2.400	Argilla Limosa (Fango terrigeno)	16.00	-	-	3.00 – 5.00
2.400	4.186	Limo Sabbioso	18.00	30.00	20 – 40	-
Note	γ_{tot} : Peso totale dell’unità di volume ϕ' : angolo d’attrito interno D_r : Densità relativa S_u : Coesione non drenata I suoli di riferimento sono da intendersi come coperture superficiali: al momento non sono disponibili informazioni sugli spessori delle unità sopra elencate.					

Tabella 8-1 – Caratterizzazione del suolo