

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026		
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 1 di 47	Rev. 0	

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

METANODOTTO

**Allacciamento EP Porto Torres
DN 400 (16"), DP 75 bar**

RELAZIONE GEOLOGICA

0	Emissione	V. Quartarone	C. Sabbatini	I. Palozzo	Lug. 2021
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 2 di 47 Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE REGIONALE.....	8
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE.....	10
6	DESCRIZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELLE OPERE IN PROGETTO.....	13
6.1	Descrizione geologica e geomorfologica del metanodotto in progetto	13
7	IDROGRAFIA.....	16
8	IDROGEOLOGIA	17
9	INQUADRAMENTO SISMICO	19
9.1	Sismicità storica.....	19
9.2	Sismicità recente.....	20
9.3	Fagliazione attiva e capace	20
9.4	Classificazione sismica nazionale.....	22
9.4.1.	Vita nominale, Classi d'uso e Periodo di riferimento	25
9.4.1.1	Vita nominale	25
9.4.1.2	Classi d'uso.....	26
9.4.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	26
9.4.2.	Azione sismica	27
9.4.2.1	Stati limite e relative probabilità di superamento.....	27
9.4.3.	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	28
9.4.3.1	Categorie di sottosuolo.....	28
9.4.3.2	Categorie topografiche	30
9.4.4.	Amplificazione stratigrafica	30

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 3 di 47 Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

9.4.5.	Amplificazione topografica	31
9.5	Classificazione sismica regionale	32
9.6	Zonazione sismogenetica	34
9.7	Pericolosità sismica.....	36
9.8	Liquefazione	37
10	INTERFERENZE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	40
10.1	Interferenze con aree a pericolosità e a rischio geomorfologico	40
10.1.1.	Interferenze con aree a pericolosità e rischio frana (P.A.I.)	40
10.1.2.	Interferenze con fenomeni franosi censiti nel progetto I.F.F.I.	41
10.2	Interferenze con aree a pericolosità e a rischio idraulico (P.A.I.)	42
11	CONCLUSIONI.....	44
12	ALLEGATI	46
13	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	47

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 4 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

1 INTRODUZIONE

Il presente studio è volto ad acquisire gli elementi utili alla caratterizzazione dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, nonché sismico dell'area attraversata dal metanodotto di nuova progettazione "Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar". L'analisi delle suddette caratteristiche ha altresì permesso di individuare gli idonei interventi di protezione e ripristino, funzionali e necessari alla realizzazione del metanodotto ed alla salvaguardia dello stato dei luoghi.

La definizione delle successioni stratigrafiche, delle caratteristiche geologiche-strutturali e morfologiche dell'area è stata possibile grazie al reperimento delle informazioni provenienti da materiale bibliografico disponibile, quali cartografie tematiche degli strumenti di pianificazione territoriale dei comuni interessati dal passaggio della condotta in progetto, repertorio cartografico del Servizio Geologico Italiano, Progetto CARG-ISPRA, cartografie P.A.I. della regione Sardegna. La definizione dei suddetti aspetti ha permesso di identificare le zone da sottoporre ad analisi più approfondite.

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

la messa in opera di:

- LINEE:
 - All. EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar di lunghezza complessiva pari a 2,814 km;
- IMPIANTO DI LINEA:
 - Punto di intercettazione con discaggio di allacciamento (P.I.D.A. n. 1).

Il presente studio è stato altresì finalizzato alla valutazione della compatibilità geomorfologica degli interventi mediante l'analisi di eventuali interferenze tra le opere in progetto e le aree censite dal Piano Stralcio d'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione Sardegna, poiché secondo quanto riportato all'interno delle NTA di tale strumento, le aree a pericolosità geomorfologica media (Hg2), elevata (Hg3) e molto elevata (Hg4) interferite da nuove opere devono essere valutate secondo uno studio di compatibilità geomorfologica. Sulla base di quanto esposto, l'analisi, estesa anche ai movimenti gravitativi del progetto I.F.F.I (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), ha escluso interferenze delle opere in progetto con aree in frana.

Per quanto concerne interferenze con aree soggette a pericolosità e rischio idraulico P.A.I., dall'analisi è emerso che gli interventi in progetto interferiscono con aree a differente pericolosità. Secondo quanto riportato nell'art. 21, comma 2, lett. c relativo alle N.d.A. del P.A.I. – Aggiornamento 2019: "Per le opere di attraversamento trasversale di tutti i corsi

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 5 di 47 Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

d'acqua appartenenti al reticolo idrografico, le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture a rete o puntuali di cui al precedente comma prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale, con la condizione che tra fondo alveo e estradosso della condotta ci sia almeno un metro di ricoprimento. Per tali attraversamenti in sub-alveo non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme e il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico". Nonostante tali disposizioni, ai fini di ulteriori verifiche sulla compatibilità dell'opera è stato redatto un apposito "Studio idrologico-idraulico e relazione tecnica di compatibilità idraulica", per i cui dettagli si rimanda alla relazione specifica annessa al progetto (vedi Doc. REL-PAI-E-00034).

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 6 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le norme osservate per la redazione del presente studio sono:

- Decreto Ministeriale 17/04/2008: Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8;
- D.M. 23/02/1971 n. 2445 aggiornato con D.M. 04/04/2014: Norme tecniche per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto;
- P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006;
- Legge n. 64 del 02/02/1974 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Circolare 3/DRA del 20/06/2014 - Studi Geologici per la redazione di strumenti urbanistici;
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996;
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018);
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica» e ss.mm.ii.;
- Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, le verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono;
- A.G.I. 1977 «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche»;
- Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale;

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 7 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le opere in progetto sono localizzate nel settore nord-occidentale della Sardegna ed interessano i comuni di Porto Torres e di Sassari, ricadenti nell'omonima provincia.

Gli interventi si individuano all'interno del foglio n. 440160 "Santa Giusta" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10000 della Regione Autonoma della Sardegna Assessorato degli enti locali, finanze e urbanistica (Fig. 3-A).

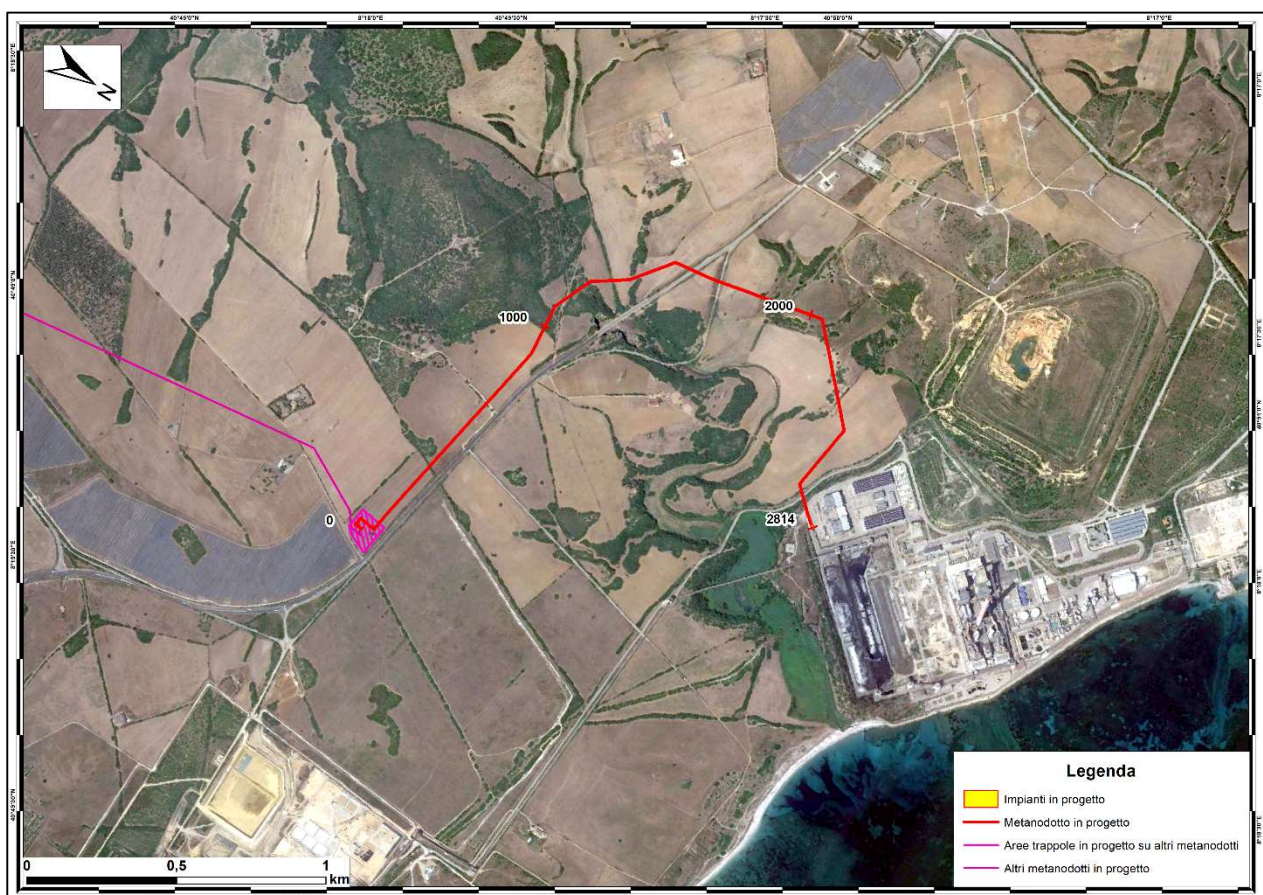


Fig. 3-A – Inquadramento territoriale metanodotto All. EP Porto Torres

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 8 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE REGIONALE

Le opere in progetto si inseriscono all'interno del margine occidentale di un semi-graben, di età terziaria noto in letteratura come bacino di Porto Torres (Thomas Gennesseaux, 1986), colmato da vulcaniti e sedimenti di ambiente marino di età compresa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore (Fig. 4-A).

Durante il Terziario la fase tettonica disgiuntiva attiva ha portato all'apertura di tale bacino subsidente con geometria a semi-graben che si approfondisce verso ovest, successivamente colmato da sedimenti marini e continentali terziari.

Tale struttura tettonica è caratterizzata sul lato orientale da sedimenti marini miocenici, mentre sul lato occidentale dalle formazioni più antiche rappresentate dal basamento paleozoico, costituito dalle formazioni calcareo-dolomitiche mesozoiche e dalle coperture mesozoiche della Nurra; formazioni e coperture sono divise da un intervallo di vulcaniti terziarie, messe in posto durante le prime fasi della tettonica terziaria.

Le suddette sequenze mesocenozoiche comprendono formazioni di età compresa tra il Trias Medio (Muschelkalk) e il Giurassico superiore (Malm); tali calcari e dolomie si presentano generalmente ben cementati e disposti in strati di media potenza.

Tutta la sequenza è interessata da un blando piegamento ad assi E-NE, che determina un sistema di sinclinali e anticlinali aperte, a loro volta intersecate da faglie distensive dirette N60° o N-S. Sono prevalenti giaciture sub-orizzontali o poco inclinate.

Nella sovrastante sequenza sedimentaria miocenica vi sono litotipi che rappresentano diversi ambienti deposizionali susseguiti sia in ordine temporale, marcando un progressivo approfondimento del bacino miocenico, sia in senso trasversale in relazione alla posizione di litotipi all'interno dello stesso.

Si rinvencono inoltre depositi afferibili a sedimenti clastici continentali, rappresentati da conglomerati, depositi di spiaggia, depositi lacustri, passanti lateralmente e verso l'alto a biocalcareni e calciruditi, caratteristici di ambienti di più alta energia, seguiti ancora da sedimenti marnoso-arenacei finemente stratificati, testimonianza di un ambiente di mare più profondo. Tali depositi presentano una giacitura sub-orizzontale con debole inclinazione verso il settore sudorientale.

Le litologie più rappresentate sono i calcari organogeni e le calcareniti, a struttura massiva, con giunti di stratificazione poco marcati e composti da bioclasti e frammenti di alghe incrostanti legati da un cemento carbonatico.

A causa dell'elevata percentuale di carbonato, tali rocce sono soggette a fenomeni di dissoluzione carsica testimoniati dalla formazione di differenti morfologie quali cunicoli, condotti e cavità.

Nel settore orientale le marne e le siltiti affioranti sono caratterizzate da una struttura omogenea, con livelli planari o obliquo-paralleli evidenziati principalmente da processi di erosione selettiva, pertanto possono essere classificati come rocce tenere o molto tenere facilmente disgregabili.

In corrispondenza delle valli dei corsi d'acqua principali (Rio Mannu e Rio di Ottava, Fiume Santo) affiorano depositi alluvionali attuali e recenti composti da sabbie, limi e limi argillosi olocenici.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 9 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

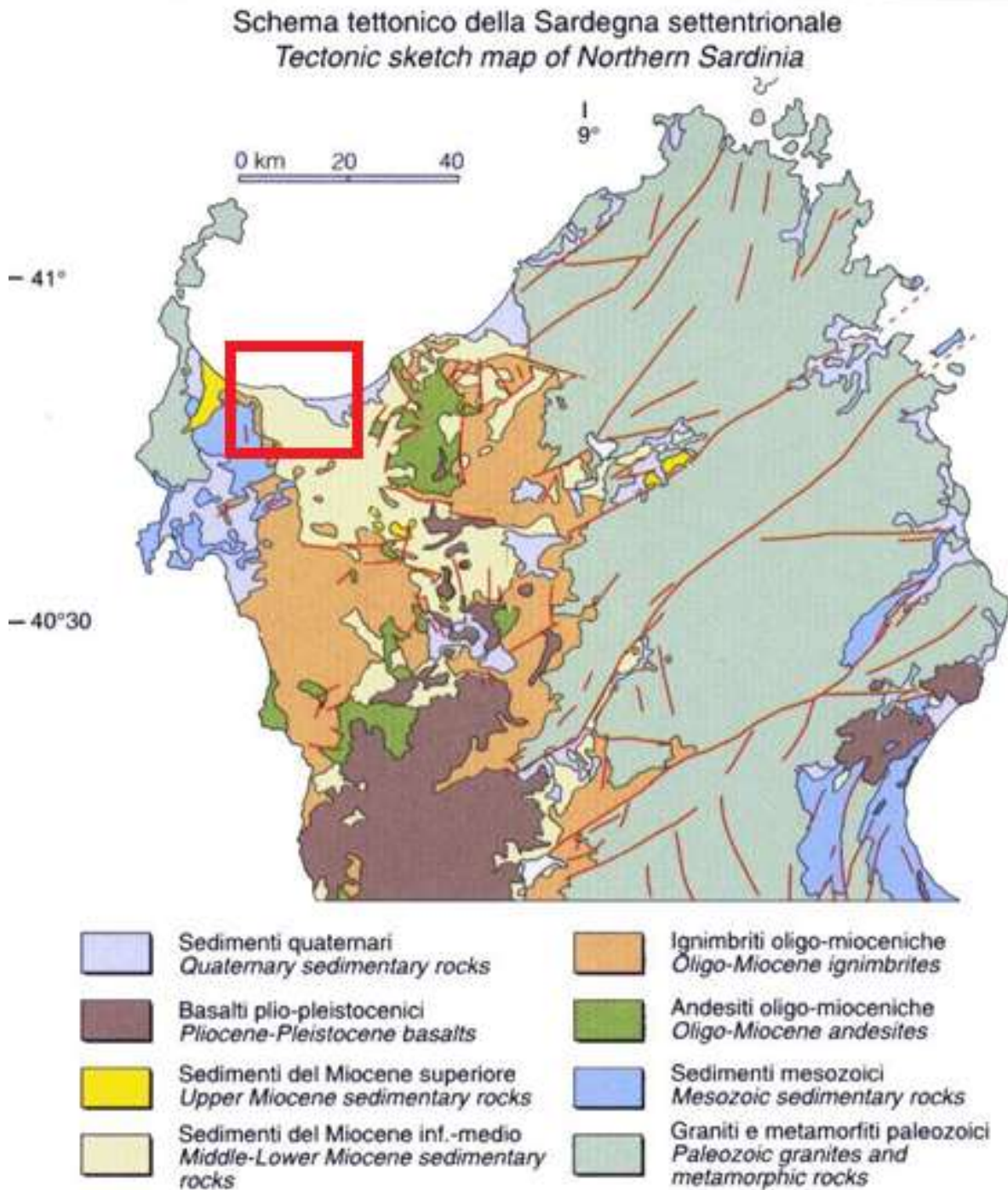


Fig. 4-A – Assetto geologico-strutturale della Sardegna settentrionale (A. Funedda et alii, 2000)

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 10 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

L'area in esame è localizzata nella sub-regione storica pianeggiante denominata "Nurra", nel settore nord-occidentale della regione Sardegna, compresa fra Alghero, Sassari, Porto Torres e Stintino, tra il Golfo dell'Asinara a nord-est, il Mar di Sardegna ad ovest, dal Riu Mannu a est e dai rilievi del Logudoro a sud-est (Fig. 5-A).

In linea generale la Nurra è caratterizzata da rocce di origine vulcanica; nel Triassico, era un isolotto abbastanza distante, il quale si unì all'isola principale nel momento in cui i sedimenti si depositarono a seguito di una regressione delle acque che pertanto portò all'unione con l'isola principale.

Guardando da Est tale sub-regione è comparabile ad un unico isolotto caratterizzato da un rilievo più importante, il Monte Forte (464 m s.l.m.) che in direzione ovest scende lungo il mare. Pertanto è possibile suddividere la Nurra in due settori morfologicamente differenti: quello occidentale caratterizzato da rilievi collinari, che interessano le formazioni mesozoiche ed il settore orientale caratterizzato da un'estesa pianura.



Fig. 5-A – Caratteristiche morfologiche della Sardegna settentrionale. Il rettangolo rosso indica l'area oggetto di intervento

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 11 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

A sud-ovest dell'area oggetto di intervento, la morfologia è caratterizzata dalla presenza dei rilievi collinari impostati sulle formazioni mesozoiche separati tra loro da vaste aree sub pianeggianti. La cima più alta è quella di Monte Alvaro (342 m s.l.m.), seguono M.te Elva (118 m), M Elveddu (72 m) ed i rilievi di N.ghe Margone (58 m).

Tali rilievi sono caratterizzati da forme dolci e arrotondate, dovute ad un lungo periodo di emersione e modellamento ad opere degli agenti atmosferici.

Le acclività dei versanti sono in media comprese tra il 10 ed il 40%; acclività più elevate si registrano nelle porzioni di versante che delimitano la valle del Fiume Santo e sul versante occidentale di M.te Alvaro.



Fig. 5-B – Stralcio della mappa del settore nord-occidentale della Sardegna. Il rettangolo rosso indica l'area oggetto di intervento

Tra le forme morfologiche individuate nel territorio del comune di Porto Torres sono state distinte alcune scarpate rocciose sulla sponda destra della valle del Fiume Santo, lungo cui si individuano fenomeni di crollo attivo o potenziale e alcune rotture di pendio più modeste tra i rilievi di Margone e Monte Elva.

Forme di dilavamento superficiale più spinto sono state osservate sul versante occidentale del rilievo di M.te Alvaro, in corrispondenza dei tratti di versante più acclivi, dovute ad orizzonti molto sottili di suolo e/o copertura vegetale che nel complesso non sono sufficienti per aumentare le condizioni di stabilità dei versanti.

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 12 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Ad est dei rilievi carbonatici mesozoici si apre una vasta area pianeggiante impostata sulle formazioni sedimentarie mioceniche.

Si può distinguere una zona centrale, interposta tra i rilievi mesocenoziocici e il Rio Mannu, in gran parte occupata dall'area industriale, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, con quote mediamente comprese tra 5 e 25 m s.l.m., che originariamente ospitava lo stagno di Gennano. Questo settore è fortemente antropizzato, poiché è stato in gran parte trasformato attraverso le opere di infrastrutturazione dell'area industriale.

Ad est del Rio Mannu, si apre una vasta area pianeggiante, dolcemente ondulata, con superficie topografica compresa mediamente tra 20 e 50 m s.l.m. delimitata verso mare da una falesia ripida in gran parte impostata su roccia.

Questo ampio tavolato è inciso dal Rio Mannu e dal suo affluente destro, Rio d'Ottava, i quali scorrono in valli a fondo piatto, dal profilo sinuoso, riempite dai sedimenti alluvionali e delimitate a tratti da pareti ripide con fronti anche verticali.

Tra le forme morfologiche legate alla dinamica fluviale sono state evidenziate le scarpate rocciose che si delineano al bordo delle valli del Mannu e del Rio d'Ottava. Si tratta di forme perlopiù relitte originatesi attraverso processi di scalzamento alla base attivi in epoche passate e con regimi idraulici differenti dall'attuale.

Nel settore pianeggiante affiorano dei calcari bioclastici e delle biocalcareniti che sfumano verso la costa in una sequenza marnoso arenacea di mare basso.

In linea generale, si può affermare che le strutture e fenomenologie di tipo carsico sono presenti in maniera diffusa su tutto il territorio ed in particolare su litotipi riconducibili ai calcari bioclastici e alle biocalcareniti. Entrambi difatti sono soggetti a processi di dissoluzione chimica di tipo carsico che si manifestano attraverso forme ipogee e epigee.

Tra le forme ipogee sono state distinte:

-*cavità carsiche*, comprendono le forme ipogee di origine carsica, con dimensione significativa. Tra queste si rinvengono cavità presenti lungo la costa dove la dissoluzione carsica assume aspetti caratteristici legati all'interazione con il mare;

-*cavità segnalate* da testimonianze storiche ma di cui non si ha riscontro certo;

-*cavità osservate in scavi*, rappresentata dai vuoti più significativi emersi nel corso di scavi connessi con la realizzazione di opere di fondazione;

-*sondaggi*, rappresentate da cavità profonde individuate da sondaggi realizzati nel corso di studi specifici o eseguiti a scopo geognostico;

-*sinkhole*, sprofondamenti di forma circolare riconosciuti in ambito urbano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 13 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

6 DESCRIZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELLE OPERE IN PROGETTO

Di seguito sono riportate le descrizioni geologiche e geomorfologiche delle aree su cui i tracciati in progetto del metanodotto "Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar" insistono.

Lo studio dei caratteri geologici e geomorfologici lungo le aree di interesse è stato realizzato a partire dai dati disponibili in letteratura: Carta geologica e Carta geomorfologica dei Piani Urbanistici Comunali (P.U.C.) di Porto Torres e di Sassari in scala 1:10.000.

Per le caratteristiche geologiche e geomorfologiche di dettaglio delle opere in progetto si rimanda all'elaborato annesso al presente studio (Allegato 1 - DIS. PG-CGB-D-00027).

6.1 Descrizione geologica e geomorfologica del metanodotto in progetto

Il metanodotto in progetto si stacca dall'area trappola (stazione di lancio e ricevimento pig) in progetto con un altro iter autorizzativo situata a O del comune di Porto Torres ad una quota di circa 40 m s.l.m., e procede in direzione circa NO, percorrendo un'area sub-pianeggiante (Fig. 6-A e Fig. 6-B), caratterizzata fino al km 1+160 dai litotipi della formazione di Monte Nurra (NRR, età Dogger), costituita da dolomie e calcari dolomitici, bioclastici, selciferi e marne con intercalate arenarie quarzose. Il tracciato prosegue attraversando fino al km 1+280 dapprima la formazione di Campanedda (NDD, età Lias), costituita prevalentemente da calcari oolitici, bioclastici, calcari marnosi e calcari con lenti di selve ed in seguito per un breve tratto di circa 10 m i calcari laminati sottilmente stratificati afferenti alla formazione Muschelkalk Auct. (MUK, età Ladinico). In seguito la condotta in progetto attraversa il fiume Santo (km 1+295) ed i suoi depositi alluvionali olocenici (bb), costituiti da sabbie e subordinati limi, limi argillosi fino alla progressiva chilometrica 1+345, per poi avanzare per altri 60m la formazione Muschelkalk (MUK, Fig. 6-C).

Il metanodotto in progetto prosegue avanzando nei depositi ascrivibili alla formazione di Fiume Santo (FUA, età Tortoniano-Messiniano), caratterizzata da argille con livelli di conglomerati, vulcaniti e calcari mesozoici, fino al termine dell'intervento (km 2+814) in corrispondenza dell'area dell'impianto in progetto "P.I.D.A. n.1", ad eccezione di un breve tratto compreso tra il km 2+100 ed il km 2+160 in cui la condotta percorre i depositi alluvionali di un affluente del Fiume Santo.

Anche in questo tratto il tracciato si imposta prevalentemente su un'area sub-pianeggiante e solo localmente attraversa settori con pendenze maggiori comprese tra 15 e 30 gradi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 14 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

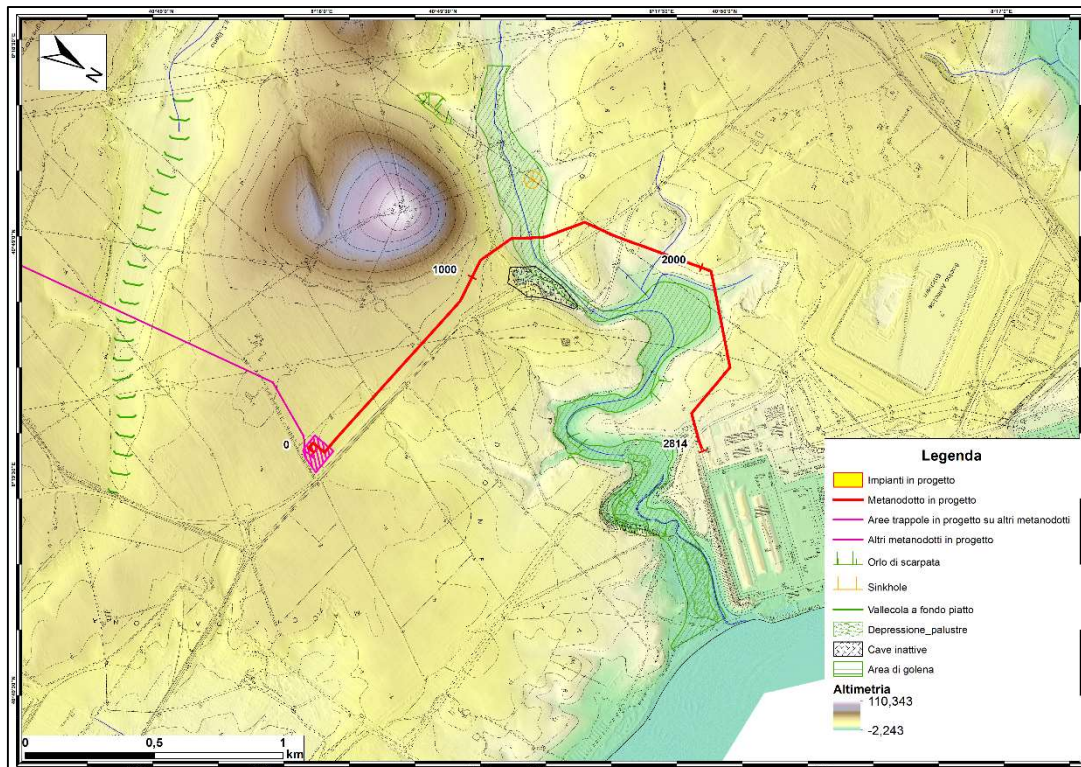


Fig. 6-A – Stralcio Carta Geomorfologica del settore oggetto di intervento



Fig. 6-B – Stralcio Carta delle pendenze del settore oggetto di intervento

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 15 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

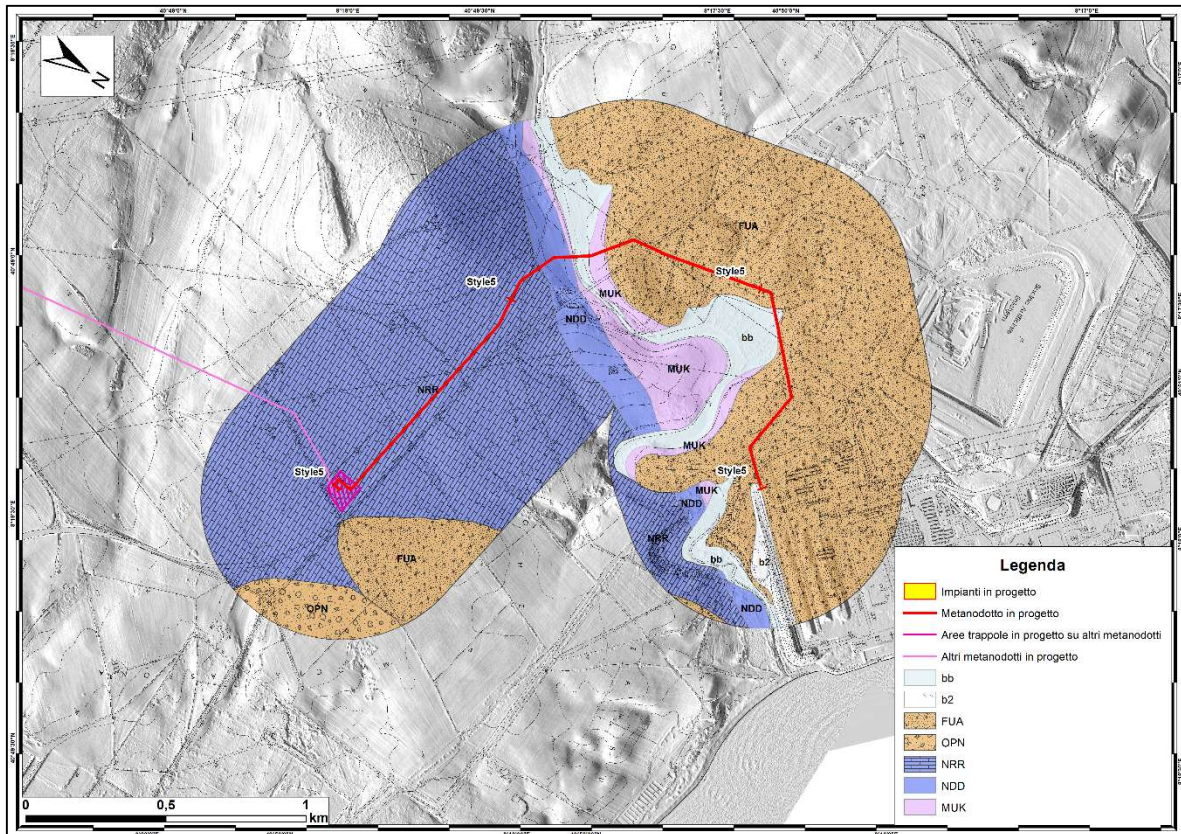


Fig. 6-C – Stralcio Carta Geologica del settore oggetto di intervento

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 16 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

7 IDROGRAFIA

Le opere in progetto ricadono all'interno dell'area territoriale sottesa dal bacino idrografico del Fiume Santo.

Tale corso d'acqua scorre da sud verso nord nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Sassari e, in misura marginale, nel Comune di Porto Torres, per quanto riguarda la sponda destra. Il bacino del Fiume Santo è posto alla sinistra del sistema idrografico di Genano e l'asta fluviale costituisce il limite ovest del territorio comunale di Porto Torres sull'isola madre.

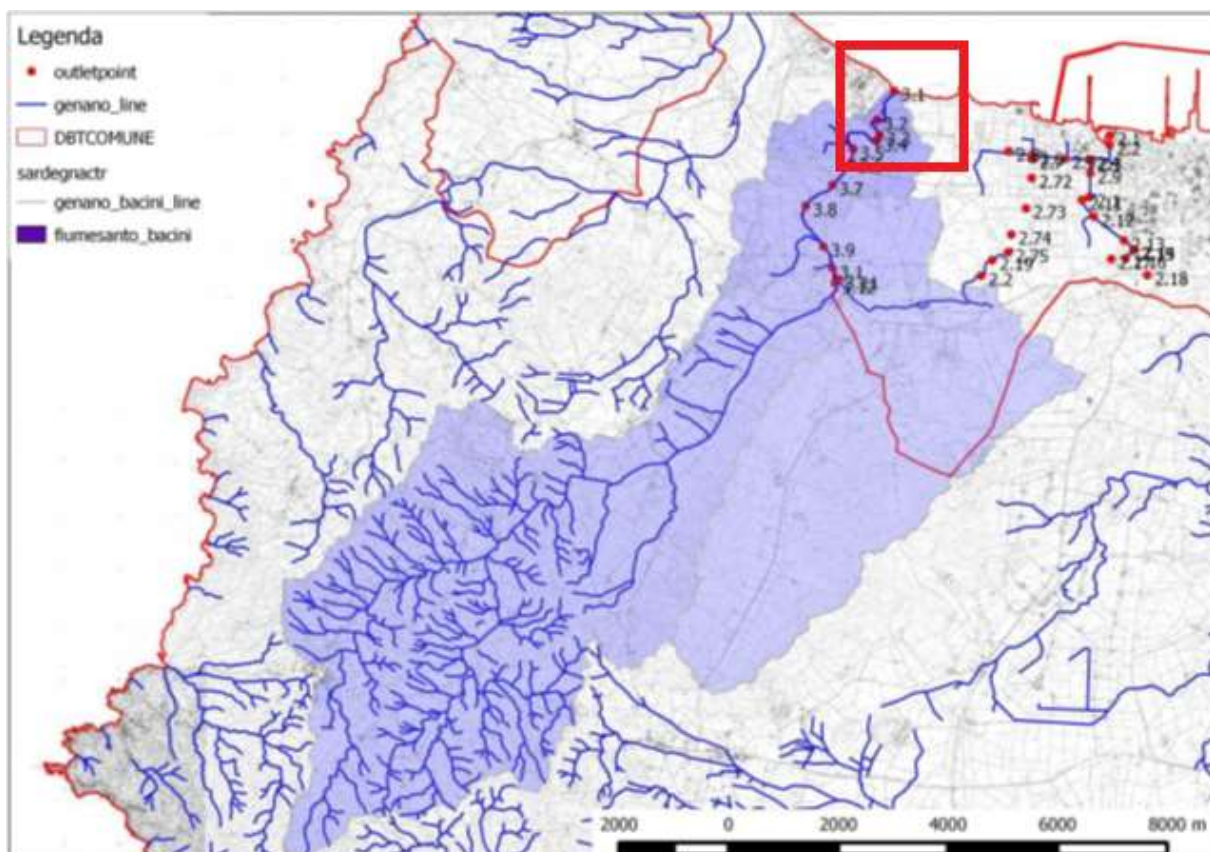


Fig. 7-A – Bacino del Fiume Santo (fonte: PUC Porto Torres). Il quadrato rosso indica l'area oggetto di studio

Nel tratto finale di tale bacino, in corrispondenza della foce del fiume in sponda sinistra, vi è un'importante struttura antropica rappresentata dal complesso industriale Polo Elettrico (centrale E.ON.- ex Endesa e impianti Terna).

Il Fiume Santo non è stato oggetto di indagine nella fase di definizione del PAI, mentre è stato oggetto di specifica analisi di compatibilità idraulica nell'ambito del Piano Urbanistico Comunale di Sassari, così come previsto dagli artt. 8 e 26 del PAI. Dalle risultanze dello studio condotto nel PUC di Sassari viene confermato che il corso d'acqua è interessato da un'area a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) (v. cap 10.2.).

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 17 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

8 IDROGEOLOGIA

Lo studio delle caratteristiche idrogeologiche delle aree oggetto di intervento è stato realizzato a partire dai dati disponibili in letteratura, quali le carte idrogeologiche dei Piani Urbanistici Comunali di Porto Torres e di Sassari e relativi studi allegati.

Le rocce e i terreni affioranti nel settore di studio sono stati classificati secondo gradi di permeabilità, in relazione alle caratteristiche granulometriche, tessiturali, di addensamento dei terreni e al tipo, grado di fratturazione e distribuzione spaziale per quanto concerne le rocce.

I litotipi sono classificati secondo le seguenti classi di permeabilità:

- *Bassa*, alla quale appartengono due unità idrogeologiche:
 - l'unità detritico carbonatica mesozoica delle Vulcaniti Oligo-mioceniche che ospitano un complesso idrogeologico dotato di una permeabilità di tipo secondario per fratturazione di grado basso in relazione allo stato di alterazione che caratterizza la formazione vulcanica;
 - le marne e siltiti dell'unità detritico carbonatica del miocene superiore, che presentano una permeabilità secondaria di grado basso per fratturazione e carsismo. Ospitano un acquifero di tipo multilayer con circolazione maggiormente concentrata nelle zone di fratturazione e negli intercalari bioclastici;
- *Medio-Bassa*, alla quale appartiene l'unità delle alluvioni Plio-Quaternarie che ospita un acquifero piuttosto importante, poiché caratterizzato dai sedimenti alluvionali del Rio Mannu e del suo affluente principale il Rio d'Ottava; tale acquifero è caratterizzato da una permeabilità primaria per porosità, con grado variabile in funzione della granulometria dei sedimenti complessivamente di grado medio basso;
- *Medio-Alta*, alla quale appartengono due unità idrogeologiche:
 - l'unità idrogeologica più profonda dell'edificio geologico caratterizzata dalle formazioni calcareo-dolomitiche mesozoiche, che presenta una porosità di tipo secondario per fratturazione e carsismo e ospita un acquifero di notevole interesse che alimenta numerosi pozzi ad uso irriguo, industriale e potabile;
 - l'unità detritico carbonatica Miocenica Inferiore rappresentata dalle formazioni conglomeratiche presenti alla base della sequenza sedimentaria miocenica (Formazione Oppia Nuova);
 - calcari bioclastici dell'unità detritico carbonatica del Miocene superiore che mostrano una permeabilità per porosità primaria e carsismo e ospitano un acquifero di notevole interesse sfruttato dai pozzi ad uso acquedottistico e da pozzi ad uso privato;
- *Alta*, alla quale appartengono i depositi dell'unità relativa al subsistema di Calamosca e i depositi alluvionali recenti dei fiumi principali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 18 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Per le caratteristiche idrogeologiche di dettaglio delle opere in progetto si rimanda all'elaborato cartografico allegato al presente studio (Allegato 2 – DIS. PG-CI-D-00033).

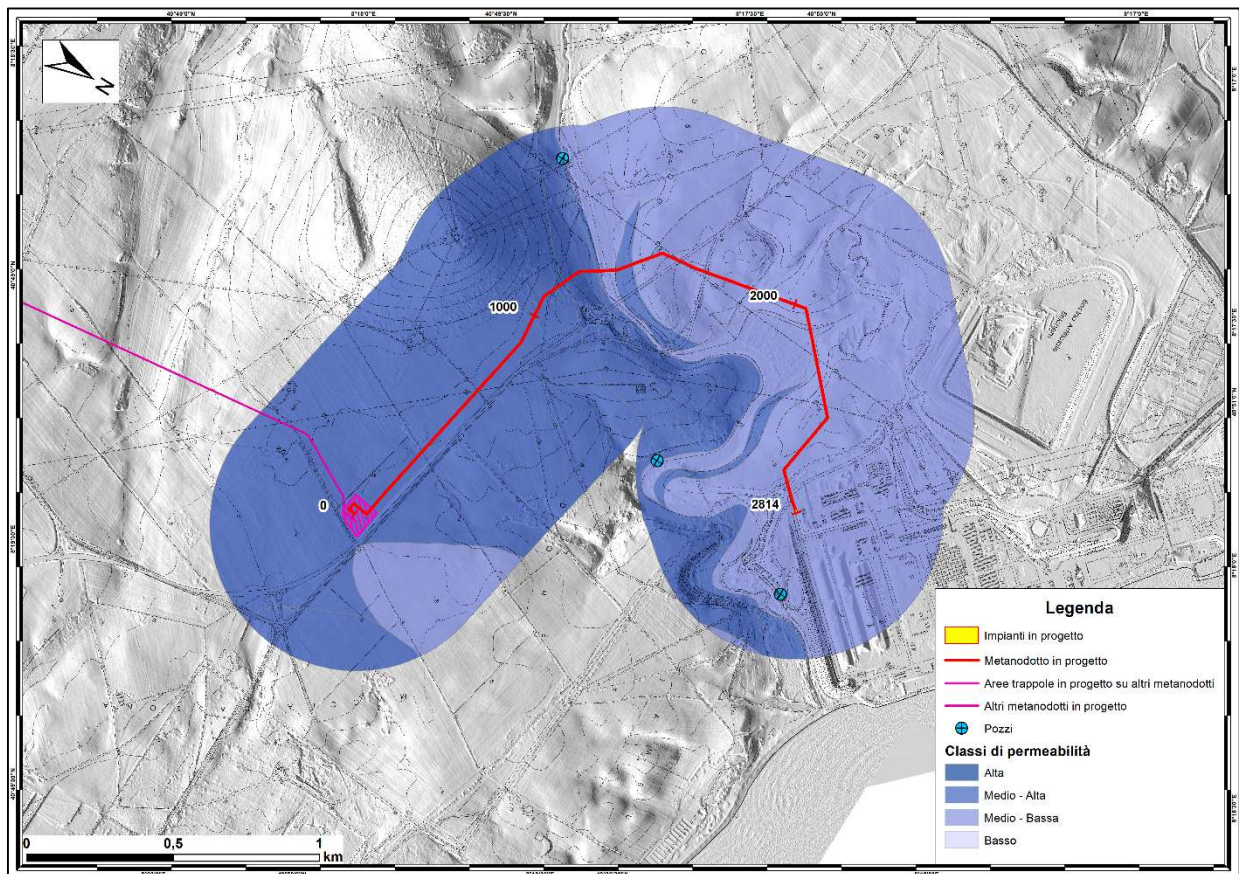


Fig. 8-A – Stralcio della carta idrogeologica del settore oggetto di studio

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 19 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

9 INQUADRAMENTO SISMICO

La Sardegna è una regione considerata a bassa sismicità, legata al fatto che effettivamente i terremoti sono un evento raro ma non completamente assente. Si sono verificati storicamente, anche in tempi recenti, degli eventi sismici di una magnitudo significativa avvertiti dalla popolazione.

9.1 Sismicità storica

Il quadro della sismicità storica relativa alle aree interessate dalle opere è stato definito attraverso la consultazione del Catalogo Multiparametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15, INGV).

I dati reperiti testimoniano che i terremoti storici principali che hanno interessato l'area oggetto di intervento (Sardegna nord-occidentale) sono stati caratterizzati da una magnitudo momento (M_w) generalmente compresa tra 4,72 e 4,79 gradi (Fig. 9-A).

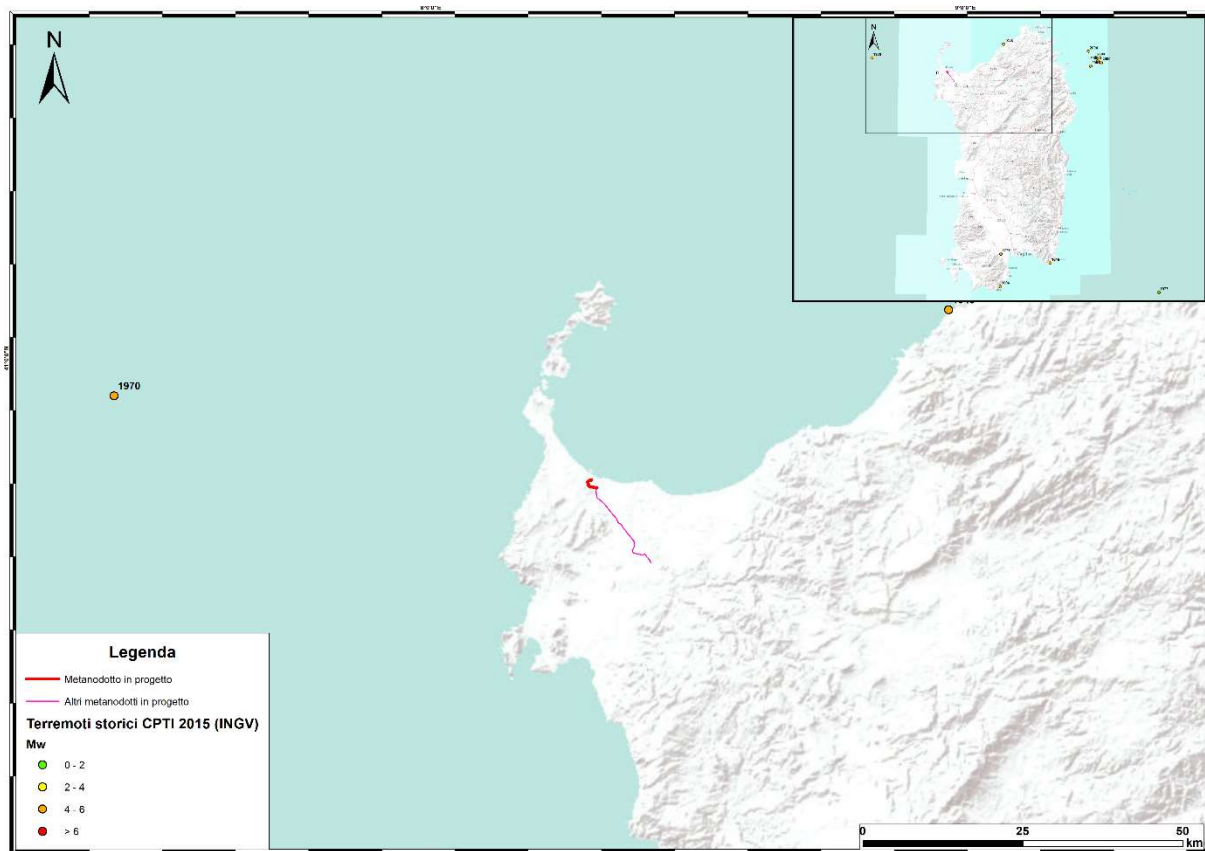


Fig. 9-A - Mappa dei terremoti storici avvenuti nel settore oggetto di studio (da Catalogo Multiparametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15, INGV).

Una rappresentazione complessiva delle informazioni sugli effetti dei terremoti che in passato hanno interessato il territorio sardo è la carta delle massime intensità osservate

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 20 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

(espressa secondo i gradi della scala MCS), che fornisce anche una prima immagine semplificata della pericolosità sismica (Fig. 9-B).

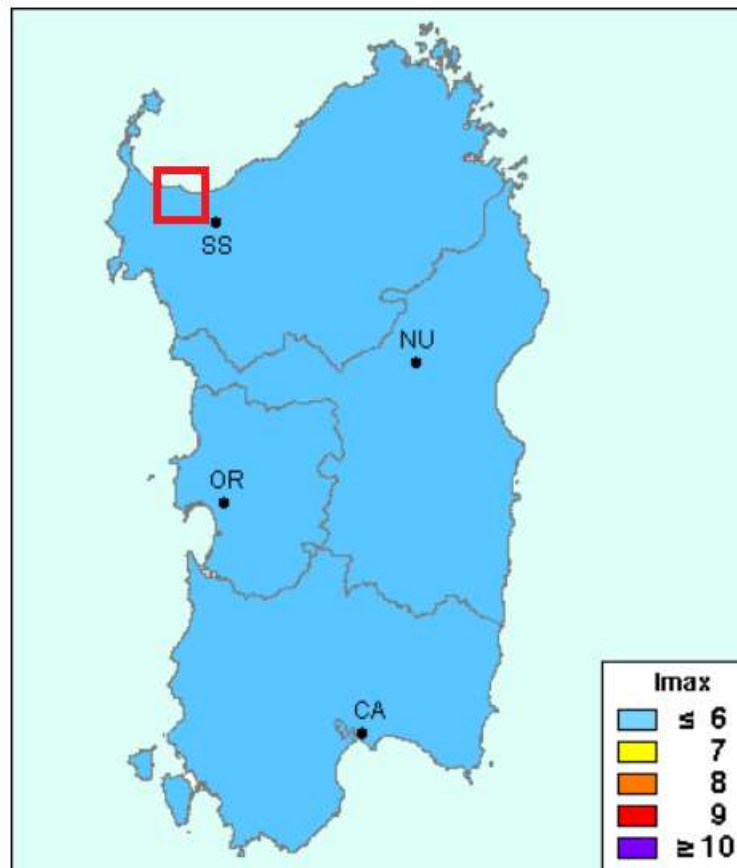


Fig. 9-B - Massime intensità macrosismiche relativamente al territorio sardo (GNDT, ING, SSN). Il rettangolo indica l'area oggetto di intervento.

9.2 Sismicità recente

Il quadro della sismicità recente (periodo 1985-2021) nelle aree in cui è stata prevista la realizzazione delle opere è stato definito attraverso la consultazione di un database messo a disposizione dal Centro Nazionale Terremoti (INGV), dal quale è emerso che nel settore oggetto di studio non sono presenti terremoti.

9.3 Fagliazione attiva e capace

Per quanto concerne lo stato della deformazione attiva, relativamente ai settori interessati dalla realizzazione del metanodotto in progetto, le conoscenze di cui dispone la comunità

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 21 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

scientifiche risultano sintetizzate all'interno di due database principali che riguardano l'intero territorio nazionale:

- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV);
- Database ITalyHAzard from CApable faults (ITHACA, ISPRA).

Sorgenti sismogenetiche – progetto/database DISS

Il database DISS dell'INGV raggruppa tutte le informazioni relative a faglie attive, pieghe attive, sorgenti sismogenetiche individuali, sorgenti sismogenetiche composite e sorgenti sismogenetiche dibattute in letteratura.

La consultazione del database D.I.S.S. ha permesso di definire che sia l'area in progetto sia le immediate vicinanze ad essa non risultano caratterizzate dalla presenza di strutture sismogenetiche attive (Fig. 9-C).

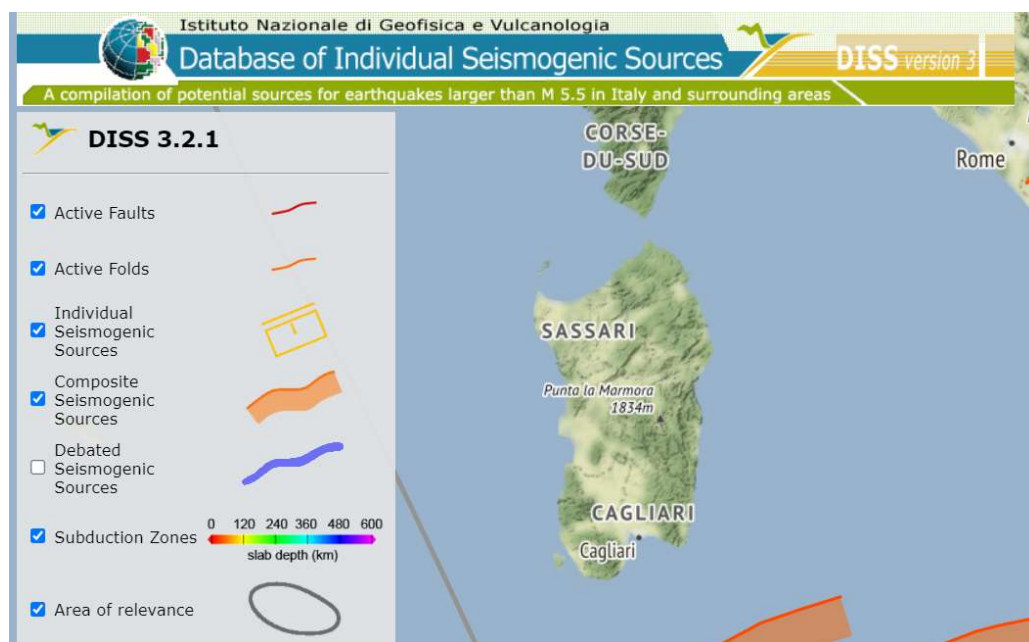


Fig. 9-C - Sorgenti sismogenetiche (DISS – Database of Individual Seismogenic Sources)

Caratteristiche delle faglie attive – progetto ITHACA

Il database ITHACA, di proprietà dell'ISPRA, tiene conto, invece, delle faglie capaci, cioè di quelle faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, al di là della natura strutturale.

Dalla consultazione del database del progetto ITHACA (ITalyHAzard from CApablefaults) del Servizio Geologico d'Italia-ISPRA, risulta che nel territorio attraversato dal metanodotto e nelle aree limitrofe ad esso attualmente non sono presenti faglie attive e capaci (Fig. 9-D).

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 22 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0



Fig. 9-D - Stralcio della cartografia del progetto ITHACA. Le linee rosse indicano le possibili faglie attive e capaci (Fonte: <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>)

Si fa presente che il suddetto database è in continuo aggiornamento, poiché basato sulle pubblicazioni scientifiche in svolgimento.

9.4 Classificazione sismica nazionale

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC - 2018) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove ed alla verifica di quelle esistenti. Nei confronti dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento delle costruzioni a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito in progetto.

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 23 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A - NTC).

Le valutazioni della "pericolosità sismica di base" derivano da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate; quest'ultima, quindi, chiamata più semplicemente "pericolosità sismica", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da essere compatibile con le NTC e dotata di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici sia in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità vengono forniti nei seguenti termini:

- in valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, sulla base delle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La disponibilità di informazioni puntuali e dettagliate, in particolare il riferimento a più probabilità di superamento, consente quindi di:

- a) adottare, nella progettazione e verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione ed all'uso cui essa è destinata, consentendo soluzioni più agevoli del problema progettuale, specie nel caso delle costruzioni esistenti;
- b) trattare le problematiche di carattere tecnico-amministrativo connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo in oggetto è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Eventuali differenti pericolosità sismiche sono approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria effettuata dal Dipartimento per la Protezione Civile, al fine di valutarne l'attendibilità scientifica e l'idoneità applicativa in relazione ai criteri di verifica adottati nelle NTC.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 24 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- $F_0 \times e \times T_C^*$ i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da determinate probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre, quindi, fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni.

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Qualora la attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno T_R^1 corrispondente alla V_R e alla P_{V_R} fissate, il valore del generico parametro p (a_g , F_0 , T_C^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato; T_{R1} , T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g , F_0 , T_C^*) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 25 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

In cui:

- p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Per tutte le isole, ad esclusione di Sicilia, Ischia, Procida e Capri gli spettri di risposta vengono definiti in base a valori di a_g, F₀, T_c* uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola.

9.4.1. Vita nominale, Classi d'uso e Periodo di riferimento

9.4.1.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La V_N dei diversi tipi di opere è riportata nella Tab. 9-A deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tab. 9-A – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere (NTC-2018)

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V _N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Nella fattispecie, per le opere in progetto si adotta V_N pari a 50 anni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 26 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

9.4.1.2 Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico.

Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nella fattispecie, per le opere in progetto ricadono in Classe d'uso IV.

9.4.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 9-B.

Tab. 9-B – Valori del coefficiente d'uso C_U (NTC-2018)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 27 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Per le assunzioni di cui sopra, il periodo di riferimento V_R delle opere in progetto è pari a 100 anni.

9.4.2. Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

9.4.2.1 *Stati limite e relative probabilità di superamento*

Gli stati limite, sia di Esercizio che Ultimi sono individuati, nei confronti delle azioni sismiche, con riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo elementi strutturali, non strutturali ed impianti.

Gli Stati Limite di Esercizio (SLE) sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo elementi strutturali, non strutturali, apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo elementi strutturali, non strutturali, apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati Limite Ultimi (SLU) sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva, invece, una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali ed un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 28 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 9-C.

Data l'importanza dell'opera e in accordo al paragrafo 3.2.1 delle NTC 2018, è stato considerato lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

Tab. 9-C – Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato (NTC-2018).

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	10%
	SLC	5%

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (T_R) per lo stato limite considerato mediante la formula:

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR}) = - C_U V_N / \ln (1 - P_{VR})$$

da cui si ottiene il seguente corrispettivo periodo di ritorno (T_R):

- T_R pari a 950 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

9.4.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

9.4.3.1 *Categorie di sottosuolo*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di sottosuolo definite nella Tab. 3.2.II delle NTC-2018, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 29 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente Tab. 9-D.

Tab. 9-D – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2. Il degli aggiornamenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018))

Categoria	SUOLO DI FONDAZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 30 di 47 Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

	delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per la definizione delle categorie di sottosuolo dei territori su cui insistono i tracciati in progetto si raccomanda l'esecuzione di indagini sismiche specifiche allo scopo di ottenere i valori di V_s , e dell'area oggetto di studio.

9.4.3.2 Categorie topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 9-E):

Tab. 9-E – Categorie topografiche (NTC-2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

La categoria topografica su cui i tracciati in progetto insistono prevalentemente è la T1.

9.4.4. Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^*_c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 9-F, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 31 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Tab. 9-F – Espressioni di S_s e di C_c (NTC-2018)

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

9.4.5. Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in Tab. 9-G, in funzione delle categorie topografiche definite nelle NTC 2018 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 9-G – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (NTC-2018)

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

La stima dell'accelerazione di picco in superficie (PGA) lungo la fascia di territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione massima attesa al suolo rigido (a_g). Il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 32 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tabella 3.2.IV del DM 17/01/2018) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

9.5 Classificazione sismica regionale

Dopo il terremoto del 2002 in Puglia ed in Molise, ai sensi dell'O.P.C.M. del 20 marzo 2003 n°3274, è stata effettuata una riclassificazione delle categorie sismiche attribuite ai vari comuni del territorio nazionale individuando quattro zone sismiche, numerate da 1 a 4, ciascuna delle quali viene contrassegnata da un differente valore del parametro a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (accelerazione orizzontale massima su suolo rigido di categoria A). La proposta di riclassificazione sismica nazionale riformula, quindi, le classi delle categorie sismiche ed inserisce una nuova categoria riguardante l'intensità sismica di progetto.

Il successivo testo dell'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 fissa i "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

In relazione alle norme tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate con D.M. delle infrastrutture e dei trasporti del 14/09/2005 sono individuate 4 zone, caratterizzate da 4 differenti valori di accelerazione (a_g) orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastica.

Le opere in progetto si sviluppano all'interno della regione Sardegna, ed in particolare, nei comuni di Porto Torres e di Sassari, i quali ricadono all'interno della Zona Sismica 4 (Fig. 9-E e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 33 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

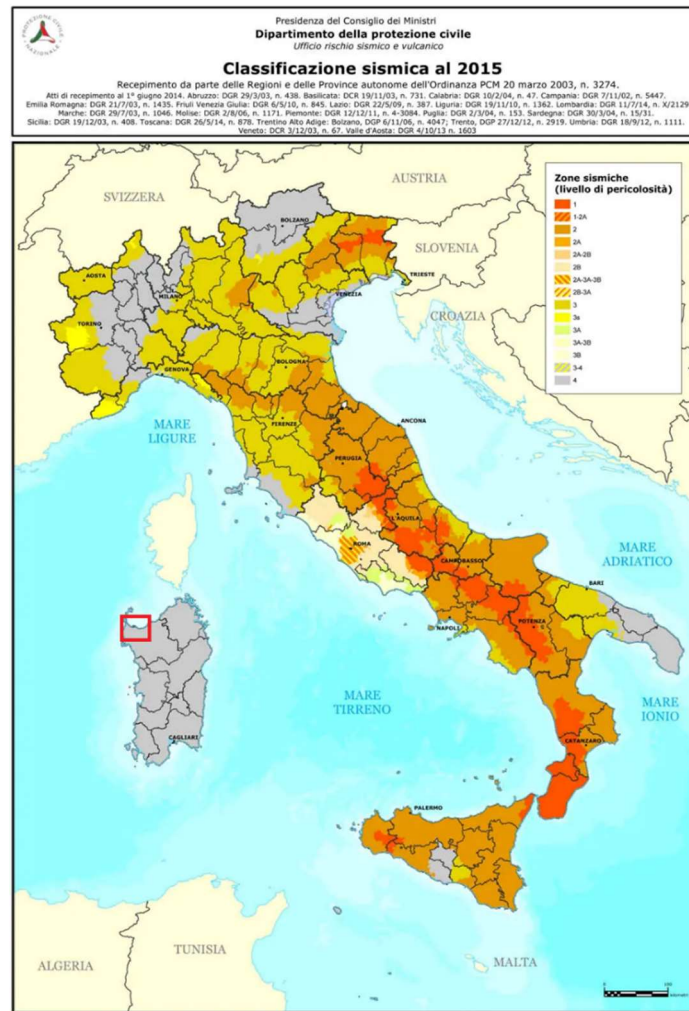


Fig. 9-E - Classificazione sismica regionale (OPCM 20 Marzo 2013). Le aree interessate dalle opere ricadono all'interno della zona sismica 4

Tab. 9-H - Suddivisione delle zone sismiche in funzione dell'accelerazione al suolo

ZONA SISMICA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
Zona 1	>25	0,35 g
Zona 2	0,15 – 0,25	0,25 g
Zona 3	0,05 – 0,15	0,15 g
Zona 4	<0,05 g	0,05 g

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026		
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 34 di 47	Rev. 0	

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

La Zona sismica 4 è la meno pericolosa, in quanto la probabilità che avvenga un terremoto è molto bassa e identifica le zone a cui viene associata un'accelerazione di picco (OPCM 3519/06), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g), inferiore a 0,050 g.

9.6 Zonazione sismogenetica

Il territorio italiano prevede inoltre una suddivisione in 42 zone sismogenetiche i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e dalla storia sismica della regione.

Ogni zonazione sismogenetica è caratterizzata da un ben definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazioni stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale sia su quello europeo.

Fino al 2002 la zonazione sismogenetica ZS4 ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana, alla luce, però, delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni, è stata sviluppata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9. Nella ZS9, gli elementi di novità rispetto alla ZS4, oltre naturalmente al catalogo sismico, sono rappresentati dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche e dall'utilizzo del database delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti. Tutte le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche si innestano, quindi, sul quadro di evoluzione cinematica Plio-Quaternaria su cui si basava la ZS4.

Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti sia per quanto attiene il loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4.

La zonazione realizzata seguendo i criteri appena esposti è costituita da 42 zone-sorgente (Fig. 9-F). La ZS9 è corredata, per ogni zona sismogenetica (ZS), da una stima della profondità media dei terremoti (*Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica*, 2004).

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 35 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

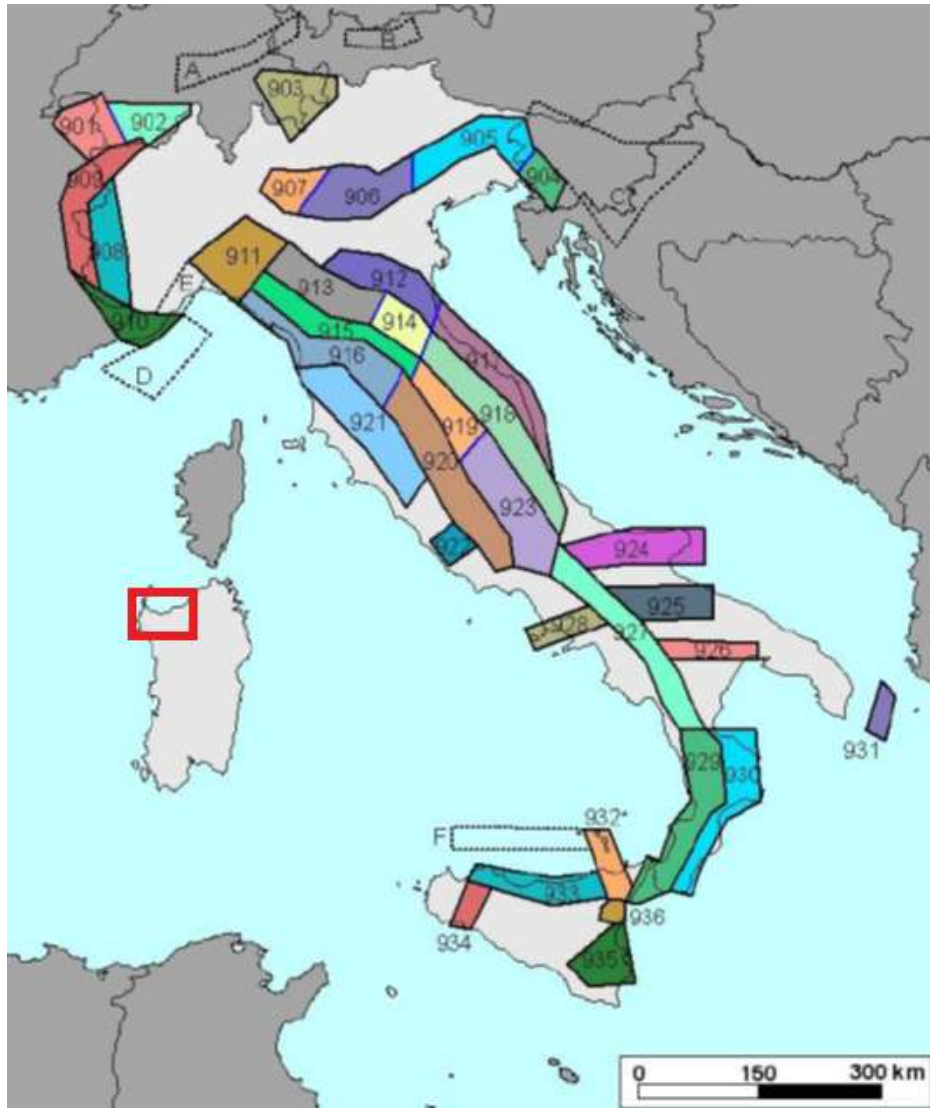


Fig. 9-F - Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV); il rettangolo evidenzia l'area in cui è prevista la realizzazione delle opere in progetto

Le opere in progetto non ricadono all'interno di alcune aree della zonazione sismogenetica ZS9.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 36 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

9.7 Pericolosità sismica

Secondo l'UNDRO (United Nations Disaster Relief Office) il Rischio sismico si definisce come: "Grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane".

La pericolosità sismica locale, intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito, è legata, oltre che alle caratteristiche sismotettoniche ed alle modalità di rilascio dell'energia alla sorgente, alla propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito ed alla loro interazione con le caratteristiche geologiche locali, nonché alle caratteristiche del terremoto di progetto, inteso come l'evento sismico caratterizzato dalla massima magnitudo ed intensità, contraddistinto dalla massima accelerazione di picco e relativo contenuto in frequenza, relativamente al periodo di ritorno più prossimo.

I principali fattori che definiscono la pericolosità sismica di una zona si possono identificare con:

- le caratteristiche degli eventi sismici che possono verificarsi nell'area in un dato intervallo temporale e con una prefissata probabilità (Periodo di ritorno);
- le condizioni geologico-morfologiche e geotecniche dei litotipi superficiali che concorrono a modificare la risposta sismica locale.

La pericolosità totale di un determinato luogo è la risultante sia della pericolosità di base, desumibile dalla carta nazionale, sia della pericolosità locale derivante dalle condizioni geomorfologiche e litostratigrafiche in sito.

L'OPCM del 28 aprile 2006, n.3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha introdotto la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala regionale. In Fig. 9-G è riportata la mappa di pericolosità sismica ottenuta dallo studio effettuato dall'INGV.

In tale mappa sono evidenziati con diversi colori i massimi valori di accelerazione al suolo valutata con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo tipo A. In particolare, il valore di pericolosità sismica della zona in cui ricadono le opere in progetto è compreso tra 0,025 e 0,050 g.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 37 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

 ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

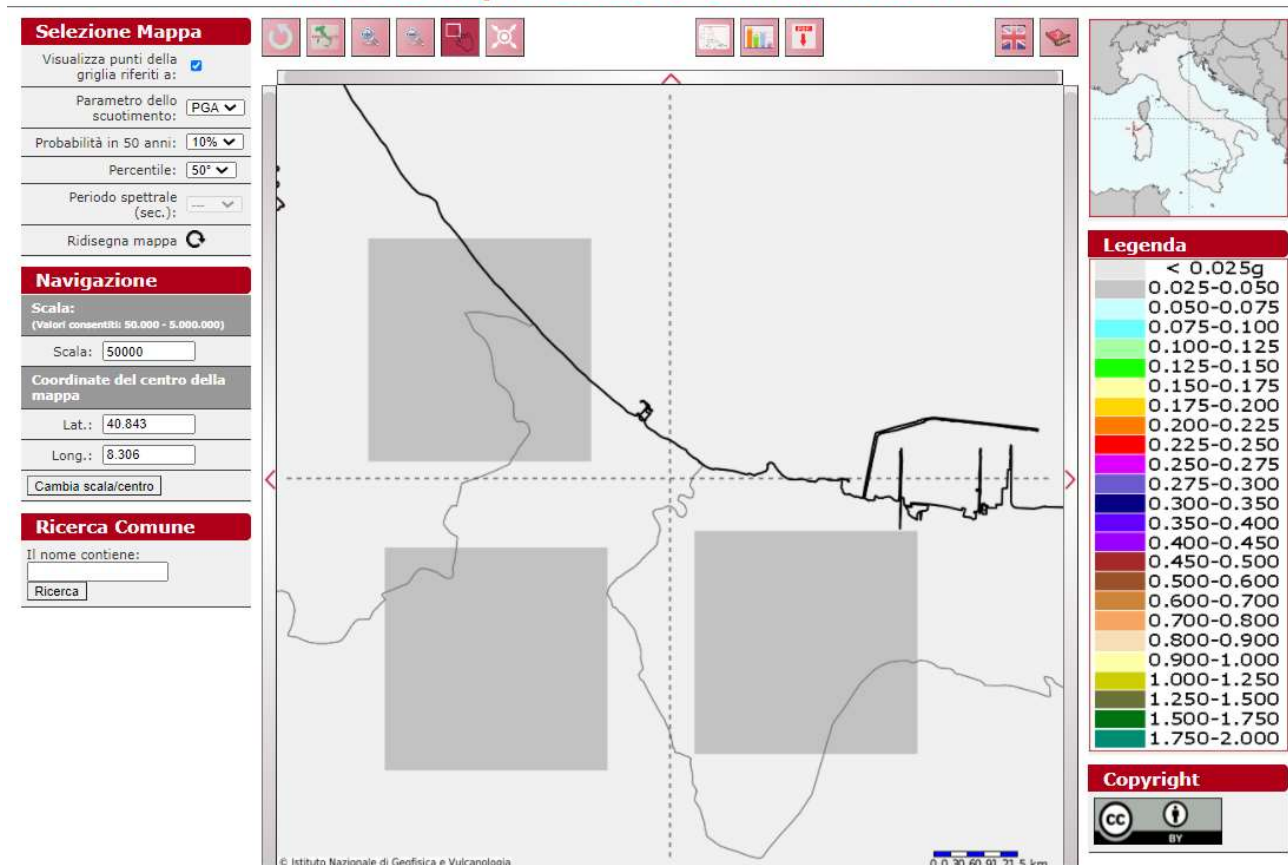


Fig. 9-G - Mappa di Pericolosità Sismica (Fonte: INGV) relativamente al settore oggetto di intervento

9.8 Liquefazione

In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) si definisce liquefazione quel fenomeno che si manifesta in depositi sabbiosi sciolti, saturi, posti al di sotto del livello di falda in concomitanza di eventi sismici con una certa energia.

Al suddetto fenomeno vengono associati una perdita di resistenza al taglio (temporanea o definitiva) e/o un accumulo di deformazioni plastiche a causa di azioni cicliche e dinamiche che si verificano in condizioni non drenate. Tali eventi sono da attribuire ad un significativo aumento della pressione interstiziale (u) a seguito della quale nel terreno si genera una diminuzione della tensione media efficace.

La liquefazione è anche strettamente influenzata dal numero di cicli N del terremoto, oltre che dalla densità relativa (D_r), dalla granulometria e dalla proprietà geotecniche dei terreni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 38 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Gli effetti della liquefazione durante lo stesso sisma, nel medesimo sito, possono presentare diversi gradi di severità tali per cui in condizioni di *free-field* questi dipendono dalla natura del terreno, mentre in presenza di opere, sono subordinate alle caratteristiche sia geometriche sia strutturali della costruzione, nonché, ovviamente, alla natura del terreno su cui insiste l'opera.

Al di sotto di edifici, rilevati o in un pendio naturale gli sforzi di taglio indotti dal terremoto si sommano a quelli preesistenti in condizioni statiche, in queste condizioni si può verificare una liquefazione completa (flow liquefaction) o parziale (cyclic mobility).

In particolare, la flow liquefaction si verifica quando in un deposito che ha subito liquefazione lo sforzo di taglio statico applicato supera la resistenza residua del terreno provocando effetti come ribaltamento o affondamento di edifici, galleggiamento di strutture interrato, frane, ecc.; mentre la cyclic mobility si innesca quando l'aumento delle sovrappressioni interstiziali non è in grado di annullare lo sforzo efficace agente inducendo nel terreno elevati sforzi di taglio che causano cedimenti di edifici esistenti o grossi spostamenti di pendii.

L'instaurarsi di una liquefazione completa o parziale dipende, quindi, dall'entità degli sforzi di taglio indotti dal sisma, dall'entità degli sforzi di taglio preesistenti e dalla resistenza al taglio della sabbia nello stato liquefatto.

Nel caso di terreno pianeggiante, i danni in superficie sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale che non liquefa (H_1) è maggiore dello spessore dello strato sottostante che liquefa (H_2) ovvero se $H_1 > H_2$.

Il pericolo di liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (susceptibilità dei terreni).

Secondo le NTC 2018 il sito presso il quale è ubicato il manufatto o l'opera deve essere stabile nei confronti della liquefazione, così la verifica a tale fenomeno può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti (condizioni di free-field) $< 0,1$ g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 ka;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente Figura, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 39 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

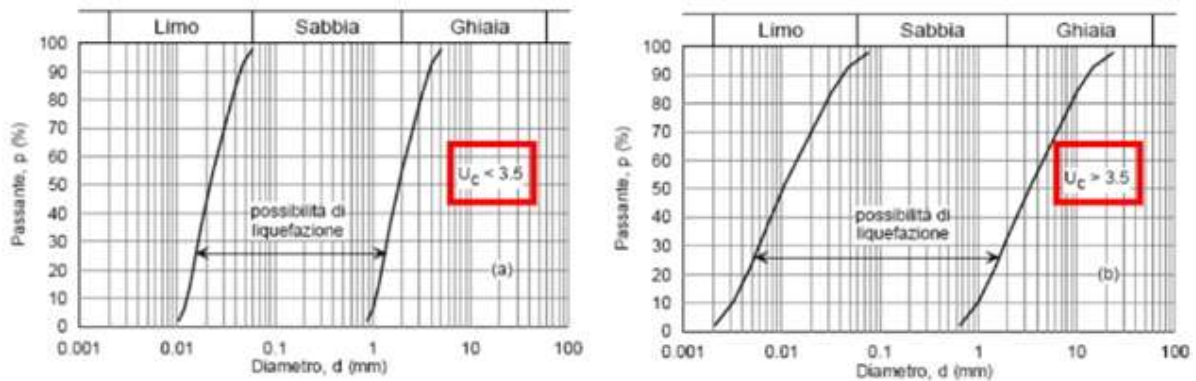


Fig. 9-H - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione per i terreni a granulometria uniforme ed estesa

Le opere in progetto interessano litologie che storicamente e per come si evince dalla letteratura “Nuovo catalogo nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia”, sono *“geologicamente suscettibili di liquefazione”*, poiché rappresentate da *“aree di pianura alluvionale e costiera e da conche intermontane, con sedimenti ghiaioso-sabbioso-limosi di età Pleistocene sup - Olocene”* (P. Galli & F. Meloni, 1993).

Pertanto al fine di verificare la possibilità che le litologie interessate dalle opere in progetto possano essere soggette a tali fenomeni, si prevede di eseguire una campagna di indagini dettagliate, al fine di acquisire le informazioni necessarie.

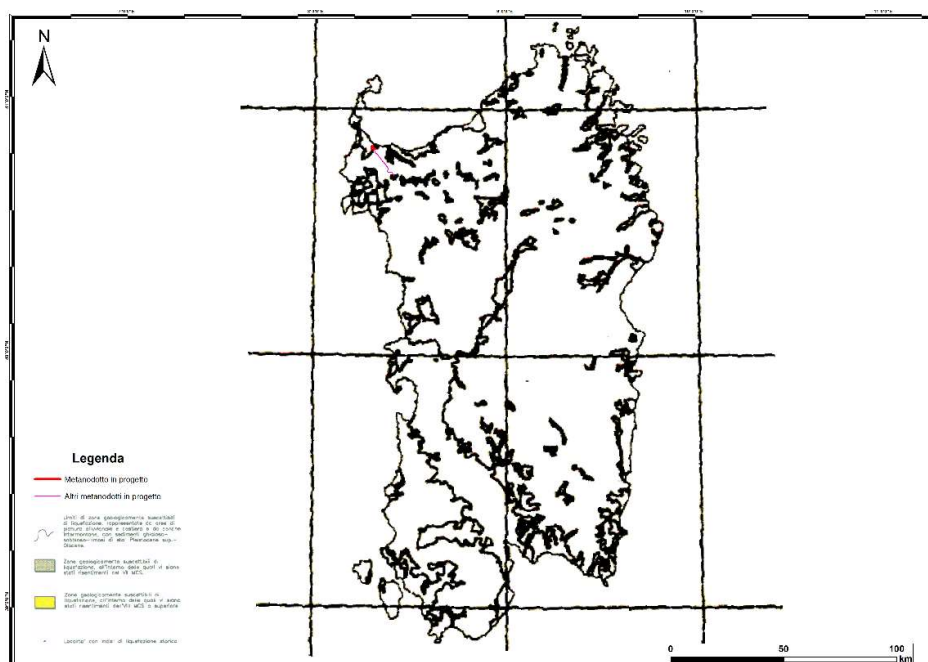


Fig. 9-I - Aree suscettibili di liquefazione (P. Galli e F. Meloni, 1993)

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 40 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

10 INTERFERENZE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

10.1 Interferenze con aree a pericolosità e a rischio geomorfologico

10.1.1. Interferenze con aree a pericolosità e rischio frana (P.A.I.)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale.

Il P.A.I. è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

La disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (Hg4), elevata (Hg3) e media (Hg2) è normata rispettivamente dall'art. 31 "Disciplina delle aree a pericolosità molto elevata da frana (Hg4)", dall'art. 32 "Disciplina delle aree a pericolosità elevata da frana (Hg3)" e dall'art.33 "Disciplina delle aree a pericolosità media da frana (Hg2)" delle NTA del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna, in particolare al comma 3 lett. i dell'art.31 e al comma 3 lett. A dell'art 33: *"gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici"*.

L'art. 34 che "Disciplina le aree a pericolosità moderata da frana (Hg1)" riporta quanto segue: *"Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione Norme di Attuazione del P.A.I. aggiornate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 35 del 21 marzo 2008 35 urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi"*.

Dalla consultazione delle aree a pericolosità e a rischio da frana del P.A.I. si evince che le opere in progetto non interferiscono con alcuna zona soggetta a pericolosità e rischio geomorfologico (Fig. 10-A).

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 41 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

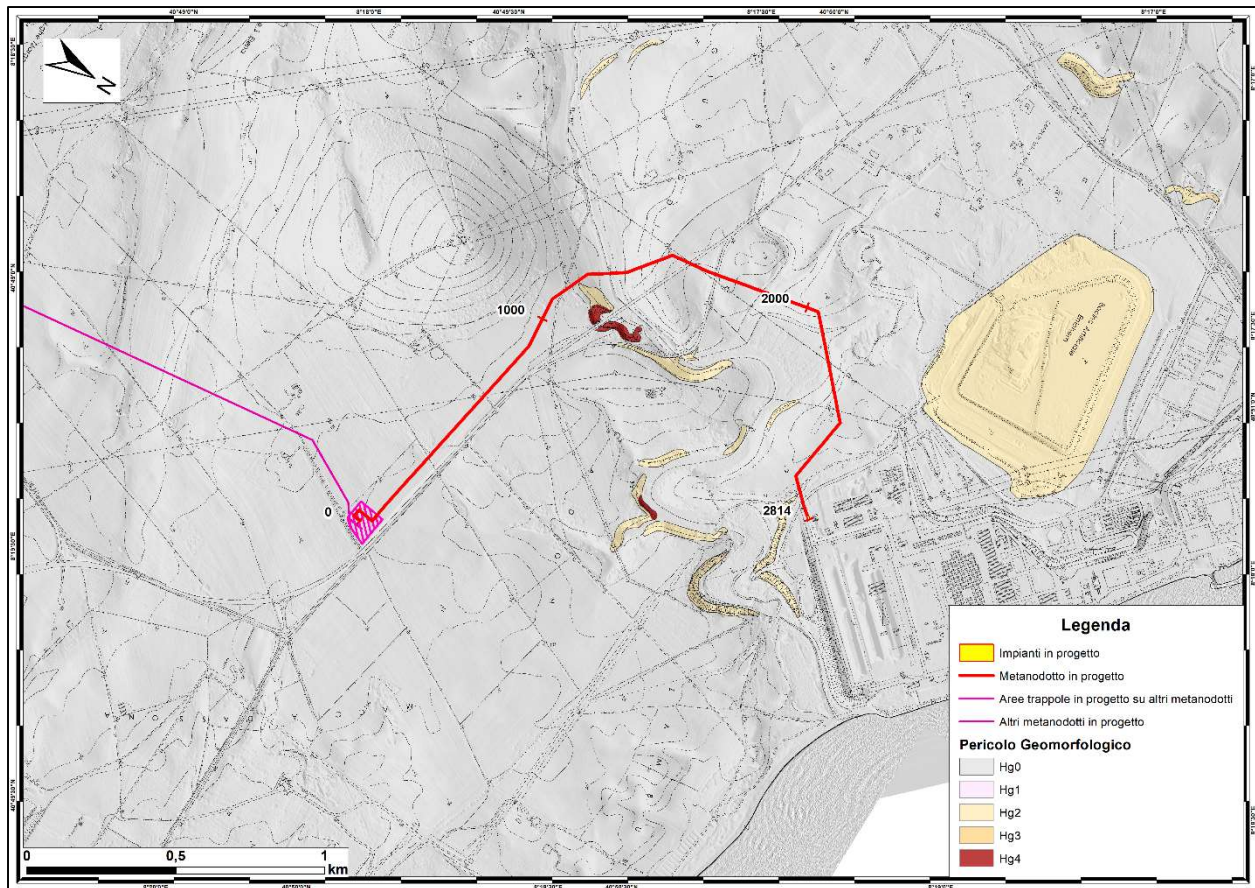


Fig. 10-A – Stralcio P.A.I. geomorfologico del settore oggetto di studio

Per ulteriori dettagli si rimanda agli allegati 3 e 4 al presente studio DIS. PG-PAI-00028 – Carta PAI pericolosità geomorfologica e DIS. PG-PAI-00029 – Carta PAI rischio geomorfologico.

10.1.2. Interferenze con fenomeni franosi censiti nel progetto I.F.F.I.

Il Progetto I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, fornisce un quadro dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano.

Il Progetto dell'Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Sardegna è stato realizzato nel periodo compreso fra febbraio e settembre del 2005, durante il quale si è proceduto nell'acquisizione ed informatizzazione dei risultati scaturiti dal censimento di 1.523 fenomeni franosi individuati sull'intero territorio regionale e costituisce oltre che uno strumento conoscitivo dello stato del dissesto da frana, uno strumento di sostegno alle azioni di governo del territorio isolano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CGB-E-00026	
	PROGETTO Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar	Pag. 42 di 47	Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Dalla consultazione delle aree censite nel progetto I.F.F.I. si evince che le opere in progetto non interferiscono con alcune zone in dissesto.

10.2 Interferenze con aree a pericolosità e a rischio idraulico (P.A.I.)

La disciplina delle aree a pericolosità idraulica è normata dal comma 3 lett. e dell'art. art. 27 "Disciplina delle aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)", dal comma 7 dell'art. 28 "Disciplina delle aree a pericolosità idraulica elevata (Hi3)", dal comma 2 lett. m dell'art. 29 "Disciplina delle aree a pericolosità idraulica media (Hi2)" delle NTA del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna.

Al comma 6 lett. d, al comma 8 e al comma 3 dei rispettivi articoli 27, 28 e 29 si riporta che per tali interventi è richiesto lo studio di compatibilità idraulica.

Il metanodotto in progetto interferisce con aree a pericolosità idraulica moderata (Hi1) e molto elevata (Hi4) (Fig. 10-B).

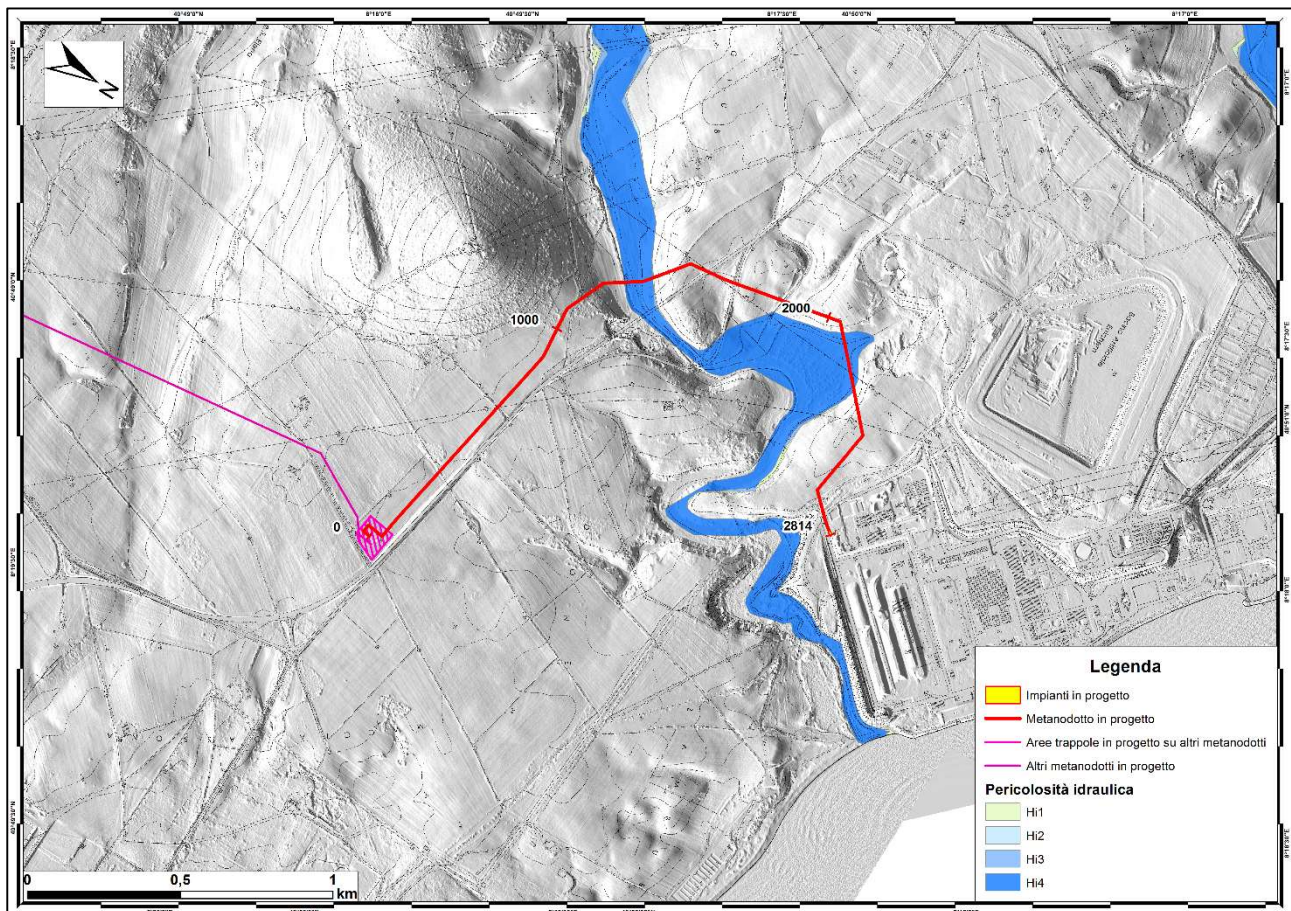


Fig. 10-B – Stralcio P.A.I. idraulico relativamente al settore oggetto di studio

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 43 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

Tab. 10-A - Interferenze del metanodotto in progetto con aree a pericolosità idraulica

Pericolosità	Comune	Da km	A km
Hi4	Porto Torres / Sassari	1+290	1+380
Hi1	Sassari	1+380	1+385
Hi4	Sassari	2+075	2+270

Per ulteriori dettagli si rimanda agli allegati 4 e 5 al presente studio: DIS. PG-PAI-00031 – Carta PAI pericolosità idraulica e DIS. PG-PAI-00032 – Carta PAI rischio idraulico.

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 44 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

11 CONCLUSIONI

Le opere di nuova realizzazione inerenti al progetto del metanodotto "Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar" sono localizzate nel settore nord-occidentale della Sardegna ed in particolare all'interno dei limiti amministrativi dei comuni di Porto Torres e di Sassari, ricadenti nell'omonima provincia.

Dal punto di vista geologico, le aree oggetto di studio si inseriscono all'interno del "Bacino di Porto Torres", considerato un semi-graben di età terziaria.

Le opere in progetto attraversano in gran parte le formazioni calcareo-dolomitiche mesocenozoiche (Formazione di Murra, Form. Di Campanedda e Muschelkalk), la formazione di Fiume Santo (FUA, età Tortoniano-Messiniano), caratterizzata da argille con livelli di conglomerati, vulcaniti e calcari mesozoici, ed in misura minore i depositi alluvionali (bb) ascrivibili al fiume principale "Fiume Santo" e ai suoi affluenti.

Morfologicamente, le opere in progetto si inseriscono nella regione antica denominata "Nurra" ed in particolare nel suo tratto nord-orientale caratterizzato da blande pendenze inferiori a 15° (sub-pianeggiante), impostandosi su quote comprese tra i 15 m s.l.m. e i 40 m s.l.m. attraversando un'area per lo più pianeggiante.

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni attraversati dalle opere in progetto sono stati classificati secondo gradi di permeabilità, distinti sulla base delle caratteristiche litologiche, lito-stratigrafiche e sulle caratteristiche di porosità, mentre relativamente ai litotipi litoidi sulla base del grado della fratturazione e/o di carsismo. Pertanto le formazioni calcareo-dolomitiche sono caratterizzate da una permeabilità medio-alta, mentre i terreni afferenti alla formazione di Fiume Santo rientrano all'interno della classe medio-bassa.

Per quanto concerne gli aspetti sismici, dalla consultazione del Catalogo Multiparametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15, INGV) e del database messo a disposizione dal Centro Nazionale Terremoti (INGV) relativo alla sismicità emerge che la Sardegna è una regione che manifesta una bassa sismicità, come testimoniato dai pochi terremoti ad oggi conosciuti. Secondo la Classificazione Sismica Regionale (GR n.408, 19 Dicembre 2013) i tracciati in progetto ricadono in zona sismica 4, ed in particolare, dall'analisi della pericolosità sismica di base, si evince che i comuni interessati dal passaggio della condotta sono caratterizzati da valori di accelerazione massima al suolo compresa tra 0,025 e 0,050 g.

Per quanto concerne il catalogo ZS9 l'area in esame non ricade all'interno di alcuna zona sismogenetica.

Si prevede di eseguire una campagna di indagini geognostiche e geofisiche lungo le aree su cui insistono le opere di nuova realizzazione, al fine di ottenere una caratterizzazione stratigrafica, fisico-meccanica e sismica del sottosuolo di dettaglio, utile sia a reperire informazioni sull'esistenza di morfologie ipogee dovute al carsismo, quali sinkhole, a cui le rocce calcaree e dolomitiche, interessate dalle opere in progetto, sono sottoposte (come dimostrato dagli studi eseguiti nei piani urbanistici vigenti), sia ad escludere possibili fenomeni di liquefazione che potrebbero manifestarsi in corrispondenza dei depositi alluvionali dei corsi d'acqua attraversati dalla condotta in progetto.

Inoltre, dalla consultazione della cartografia P.A.I. ed I.F.F.I. è stato verificato che le opere in progetto non interferiscono con aree a pericolo e a rischio geomorfologico, bensì con aree a pericolosità idraulica, per le quali, nonostante le N.d.A. del P.A.I. prevedano di non

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 45 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

redigere uno studio di compatibilità idraulica qualora si verificano interferenze tra condotte e aree a pericolosità idraulica (v. art. 27 comma 3, lett. g delle NTA del P.A.I. – Aggiornamento 2019), tuttavia si è proceduto ad eseguire ulteriori verifiche, per i cui dettagli si rimanda alla relazione specifica annessa a progetto Doc. REL-PAI-E-00034.

Pertanto, sulla base di quanto sopra affermato, le opere in progetto sono compatibili con le condizioni geomorfologiche esistenti, poiché la loro realizzazione in generale prevede il completo interrimento della condotta alla profondità media di m 1,50, con coperture maggiorate per l'area di attraversamento del Fiume Santo di m 2,50 (compresa l'area paleontologica) e di m 3,50 (aree di pericolosità idraulica).

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 46 di 47

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

12 ALLEGATI

Allegato 1	PG-CGB-00027 – Carta geologica e geomorfologica	1:10000
Allegato 2	PG-CI-00033 – Carta idrogeologica	1:10000
Allegato 3	PG-PAI-00028 – Carta P.A.I. Pericolosità geomorfologica	1:10000
Allegato 4	PG-PAI-00029 – Carta P.A.I. Rischio geomorfologico	1:10000
Allegato 5	PG-PAI-00031 – Carta P.A.I. Pericolosità idraulica	1:10000
Allegato 6	PG-PAI-00032 – Carta P.A.I. Rischio idraulico	1:10000

	PROGETTISTA		COMMESSA SAIPEM 023125-10	WBS NQ/E19001/L41
	LOCALITA'	REGIONE SARDEGNA		REL-CGB-E-00026
	PROGETTO	Allacciamento EP Porto Torres DN 400 (16"), DP 75 bar		Pag. 47 di 47 Rev. 0

Rif. Cod. Soc. Prog.: 023125-10_LA-E-80300_r0

13 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- CPTI 2015, INGV. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.
- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV). Servizi webgis.
- Database ITaly HAZard from CAPable faults (ITHACA, ISPRA). Servizi webgis.
- Database Centro Nazionale Terremoti (CNT, INGV).
- A. Funedda, G. Oggiano, S. Pasci (2000). *The Logudoro Basin; a key area for the Tertiary tectono-sedimentary evolution of north Sardinia*. Italian Journal of Geosciences, 119 (1): 31-38.
- Massime intensità macrosismiche relativamente al territorio sardo (GNDDT, ING, SSN).
- P. Galli e F. Meloni (1993). *Nuovo Catalogo nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia*. Il Quaternario, 6 (2), 1993, p. 105-126.
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Regione Sardegna. Servizi wms e shapefile.
- Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Porto Torres – Relazioni e cartografie.
- Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Sassari – Relazioni e cartografie.
- Thomas, B and Gennesseaux, M., 1986. *A two-stagetifting in the basins of the Corsica-Sardinia Straits*. Mar. Geol., 72: 255-236.
- Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004).