

REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA
COMUNE DI GUSPINI



IL COMMITTENTE:

FF Serci Srl

OGGETTO:

Relazione sulla risposta sismica locale ai sensi del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) per la realizzazione di un impianto di inerti presso la zona PIP in Guspini

INDICE

PREMESSA	1
Normativa di riferimento	1
Criteri di lavoro	2
Localizzazione geografica e topografica	2
Descrizione breve dell'opera da realizzare	5
ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE	6
Faglie attive e capaci (ITHACA)	7
Faglia di Villacidro 1, 2, 3 e 4	7
Faglia di Guspini	8
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	10
Sismicità storica	10
Caratterizzazione sismogenetica	15
PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	16
Definizione della categoria del suolo di fondazione	17
Spostamento orizzontale massimo al suolo	20
Velocità orizzontale massima al suolo	20



PREMESSA

Con incarico conferito al sottoscritto Geol. Giancarlo Carboni, iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna con il n° 497, dalla FF Serci Srl, nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto di inerti presso la zona PIP in Guspini (SU), viene predisposta la seguente relazione sulla risposta sismica locale.

Il modello geologico è stato desunto dalla bibliografia esistente e dai risultati di una indagine geotecnica eseguita mediante l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica, la quale ha permesso di definire la situazione litostratigrafica locale dei terreni per una profondità ingegneristicamente significativa dall'intervento di progetto anche mediante l'esecuzione di tre pozzetti geognostici, oltre che da una indagine geofisica eseguita con metodologia MASW che ha consentito la determinazione della stratigrafia locale fino ad una profondità di circa 30 m dal p.c.

Il presente lavoro si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 14/01/2008 e relativo aggiornamento del 2018 (D.M. 17/01/2018), al fine di ricostruire un modello geologico atto a fornire i caratteri stratigrafici e litologici del sito, supportato da indagini specifiche.

Normativa di riferimento

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.

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

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

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

D.M. 14 Gennaio 2008

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

D.M. 17 Gennaio 2018

Aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.



Criteri di lavoro

Lo stato di efficienza di sistemi di fondazione di edifici storici in muratura o di edifici moderni in calcestruzzo risulta fortemente influenzato dalla stabilità del terreno di fondazione.

Per cui, al fine di poter verificare la stabilità della struttura in progetto rispetto al terreno di fondazione è stato effettuato uno studio geologico per definire le caratteristiche del terreno di sedime, definendo così la stratigrafia di dettaglio del terreno di sedime.

Allo scopo di definire l'assetto geologico dell'area di sedime è stato adottato il seguente schema di lavoro:

1. L'acquisizione della documentazione bibliografica esistente;
2. L'acquisizione della cartografia progettuale disponibile (planimetrie, sezioni etc.);
3. L'esecuzione di sopralluoghi e rilevamenti miranti alla definizione dell'assetto geologico di superficie e alla verifica delle condizioni logistiche per l'avvio delle indagini in situ;
4. L'elaborazione dei dati anche con l'ausilio di software dedicati;
5. La stesura della Relazione Geologica in ottemperanza al D.M. LL.PP.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", e delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" con relativo aggiornamento con DM 17/01/2018.

Localizzazione geografica e topografica

L'area oggetto del presente studio è situata nella Sardegna Centro-Meridionale, nel Campidano Centrale, appartiene amministrativamente al Comune di Guspini, nella Provincia del Sud Sardegna.

Il settore è interamente compreso all'interno del Foglio 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia 224-225 (Capo Pecora-Guspini) in scala 1:100.000; nella carta geologica in scala 1:50.000 CARG n° 546; ricade nella Tavoletta I.G.M. in scala 1:25.000 N° 546, sezione I, denominata "Guspini".

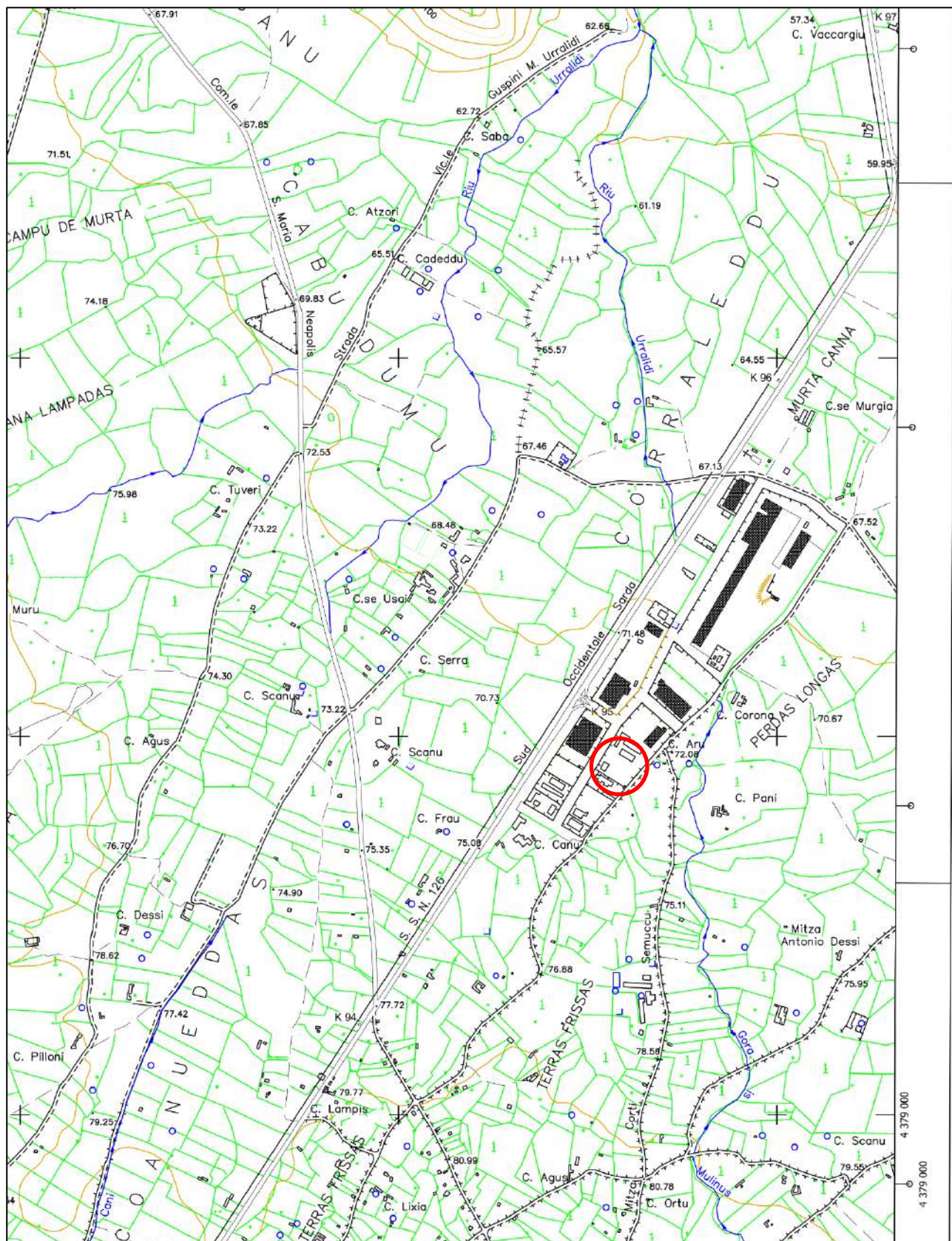
Panoramica dell'area d'intervento





Localizzazione planoaltimetrica

Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:10.000 n° 546 040





Ortofoto aerea del settore in studio





Descrizione breve dell'opera da realizzare

I rifiuti trattati all'interno dell'impianto di proprietà della ditta F.F. Serici Srl sono di tipo "non pericoloso", allo stato solido e derivanti dall'attività di demolizione di manufatti edili e dalla scarifica del manto stradale esistente mediante fresatura a freddo, demolito fino ad una profondità di 20-25 cm, che consente l'automatica predisposizione della sede stradale sul quale verrà posato il nuovo conglomerato bituminoso.

Premesso che l'utilizzo del rifiuto è subordinato all'esecuzione del test di cessione sullo stesso, successivamente si procede all'espletamento della messa in riserva, ove il materiale viene scaricato e stoccato in cumuli nell'attesa di essere recuperato, in apposito capannone nel cui perimetro sono state realizzate apposite canalette per la raccolta di acque meteoriche collegate a pozzetti di controllo, al fine di evitare eventuali formazioni di sostanze in sospensione.

La susseguente fase di recupero prevede la trasformazione della miscela bituminosa in "aggregato riciclato" mediante uno specifico processo di lavorazione; viene prelevato attraverso l'impiego di pala meccanica dotata di benna, e scaricato direttamente all'interno dell'impianto di frantumazione;

Al termine del processo, il prodotto finale perde il suo status di rifiuto a favore di quello di materia prima.



ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE

Nel territorio del Guspinese hanno agito essenzialmente due fasi tettoniche: quella ercinica, che ha interessato solo le formazioni paleozoiche, e quella alpina.

L'orogenesi ercinica ha agito con deformazioni plicative, disgiuntive e disgiuntive-tangenziali modificando la geometria e i rapporti delle formazioni paleozoiche. Ciò risulta molto evidente sia nella regione di Montevecchio che nel settore settentrionale in regione Margongiada. Associata ai piegamenti è ben visibile in campagna una scistosità che normalmente si dispone parallelamente alla stratificazione.

Ad essa, inoltre, sono riconducibili le importanti strutture che includono i filoni mineralizzati dell'area di Montevecchio.

L'attuale assetto strutturale dell'area oggetto di studio è però legato soprattutto alla tettonica alpina. Questa, ora non più attiva, si è esplicata attraverso diverse fasi, principalmente distensive, che hanno in parte utilizzato e ripreso le discontinuità erciniche.

Sulle vulcaniti terziarie sono ben individuabili le direttrici N-S, NO-SE e NNE-SSO che hanno orientato la messa in posto dei filoni basaltici, ma soprattutto le NO-SE e le O-E che hanno prodotto la dislocazione, lo sbandamento di tutti i terreni pre-quadernari e il loro ribassamento verso il Campidano.

La più importante ed evidente di queste strutture attraversa l'abitato di Guspini con direzione NO-SE e mette a contatto le formazioni paleozoiche con i calcari triassici e i depositi continentali oligo-miocenici. Ha un rigetto stimabile in almeno 150m e una breccia di frizione di alcuni metri di spessore.

Il territorio comunale, per quanto noto dalla letteratura scientifica e dalla classificazione sismica del territorio nazionale, non rientra tra le zone di pericolo e pertanto non si richiedono per esso particolari misure antisismiche.

In conclusione, dall'analisi dei caratteri geologici del territorio, emerge una realtà particolarmente varia e interessante. Infatti, sono presenti terreni di tutte le ere geologiche ed appartenenti a tutte le famiglie litologiche. Sui rilievi occidentali prevalgono le formazioni paleozoiche e vulcaniche mentre, verso la parte orientale, le colmate alluvionali quadernarie.

Tale varietà si è riflessa nella presenza di numerose georisorse (mineralizzazioni a Pb, Zn, Ba; argille; basalti; graniti; sabbie e ghiaie; etc.) e sui rapporti geologici e geomorfologici, spesso complessi, tra le diverse formazioni.

L'area dell'abitato di Guspini offre un esempio di tale complessità.

La presenza di importanti strutture tettoniche, le faglie campidanesi, accosta nell'ambito di pochi ettari una tale varietà litologica e stratigrafica da rendere spesso poco prevedibili sia la stratigrafia locale che le caratteristiche geologico-tecniche dei diversi terreni.



Faglie attive e capaci (ITHACA)

ITHACA (ITaly HAZards from CApable faults) costituisce il Catalogo delle faglie capaci in Italia. Il Catalogo ITHACA colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano sulla base di una revisione critica della letteratura disponibile.

In particolare, nel Campidano vengono indicate diverse faglie, tra quelle delle “faglie campidanesi” che rientrano tra quelle “attive e capaci”, cioè faglie per le quali esistono evidenze di ripetuta riattivazione, con rottura della superficie topografica negli ultimi 40.000 anni (Olocene-parte alta del Pleistocene superiore). Generalmente con questa definizione ci si riferisce al piano di rottura principale della faglia.

In particolare, in prossimità dell’area in studio è segnata la presenza di diverse faglie da sud a nord:

- Faglia di Villacidro 1
- Faglia di Salaponi
- Faglia di Villacidro 2
- Faglia di Cascina Mantongiu
- Faglia di Villacidro 3
- Faglia di Guspini
- Faglia di Villacidro 4

Per i nostri scopi risultano di particolare interesse la Faglia di Villacidro con i suoi segmenti e la Faglia di Guspini.

Faglia di Villacidro 1, 2, 3 e 4

La faglia di Villacidro (compresi i suoi segmenti 2, 3 e 4) è uno dei segmenti di faglia che compongono la faglia principale che confina con il margine sud-occidentale del Graben del Campidano, un bacino tettonico originato dall'affondamento della parte meridionale della Fossa Sarda, culminando nel Plio-Quaternario con una fase estensionale legata all'evoluzione del bacino tirrenico. Il graben fu riempito da una successione vulcanica-sedimentaria (Formazione di Samassi) del Pliocene/Pleistocene superiore, il cui basamento si rinviene a profondità che variano da 900 m (settore meridionale) a 1100 m (settore settentrionale). La faglia di Villacidro si estende lungo il bordo orientale delle montagne Arburese-Fluminese a partire dal fan alluvionale di Gonnasfaradica, situato alla foce della valle del Rio Terra Maistus (terminazione nord-occidentale), fino alla pianura a sud di Villasor nella zona di Supranu Terramaini (terminazione sud-est). Lungo il settore tra Gonnosfanadiga e la fine del fronte montuoso vicino a Gora Tabua, la presenza della faglia è contrassegnata da un passaggio morfologico, che segna il passaggio tra le colline e la pianura del Campidano. La traccia dell'errore è tratta dal foglio CARG 547-Villacidro, combinato con l'interpretazione dei dati geofisici del sottosuolo realizzati da Casula et al. (2001). Nel foglio di Carg 547-Villacidro la faglia di Villacidro si estende



fino alla superficie topografica. Appare sigillato dai depositi alluvionali terrazzati del Sintema di Portovesme (PVM2a nomenclatura CARG), mentre taglia le vulcaniti della Formazione Ussana (USS). Datata Oligocene superiore-Miocene inferiore, la faglia è delimitata a N dalla faglia Salaponi secondaria di tendenza SW-NE (Fsa), che segmenta, insieme ad altre faglie parallele, la faglia principale sul bordo sud-occidentale plio-quadernario.

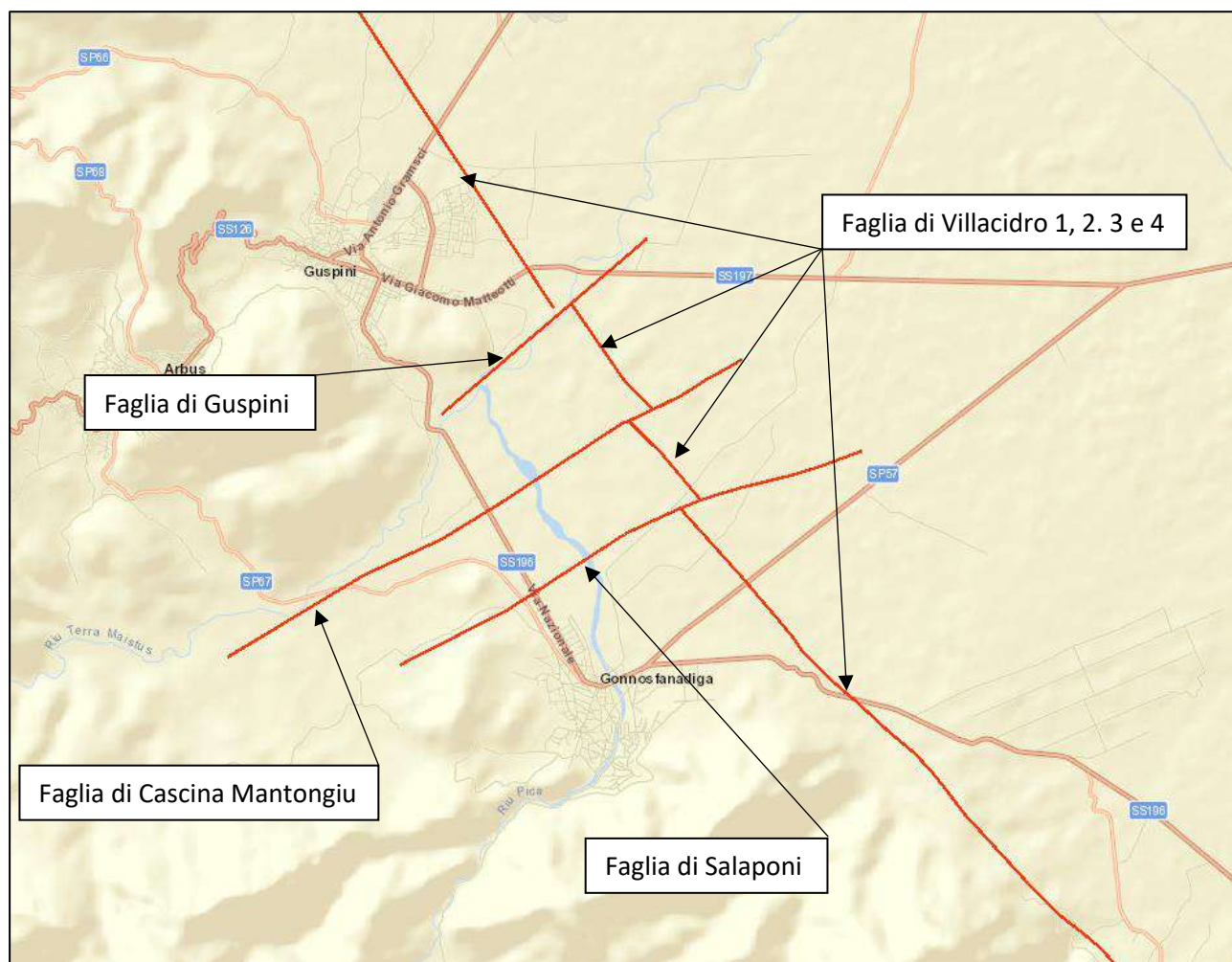
Alla fine del fronte montuoso, lungo la traccia della faglia di Villacidro, sepolta sotto la pianura, ci sono alcune sorgenti termali (sorgente S'Acquacotta, sorgente S'Acqua Callenti), che fanno parte di un complesso circuito idrotermale profondo che porta alle acque superficiali a temperature che raggiungono 46-48 ° C. La continuazione a sud della faglia di Villacidro è rappresentata dalle faglie di Sarroch 1 e 2. La faglia di Villacidro è stata inclusa nel catalogo considerando la vicinanza alla superficie della sua terminazione e il suo raggio di attività (Plio-Quadernario) come indicato da Casula et al. (2001) e successivamente confermato da altri autori. La faglia principale che definisce il limite nord-occidentale del Campidano Graben secondo Funedda et al. (2009) avrebbe dovuto spostarsi con la giusta cinematica antiscivolo durante l'evoluzione del Rift sardo nell'intervallo Oligo-Miocene, per poi riattivarsi con la normale cinematica plio-quadernaria con offset stimati nell'ordine di alcune centinaia di metri.

Faglia di Guspini

La faglia di Guspini è uno dei segmenti di faglia che compongono la faglia principale confinante con il margine sud-occidentale del Graben del Campidano, un bacino tettonico originatosi dall'affondamento della porzione meridionale della Fossa Sarda o Spaccatura Sarda, culminato nel Plio-Quadernario con una fase estensionale correlata all'evoluzione del bacino tirrenico meridionale. Il graben è stato riempito da una successione vulcano-sedimentaria di età Pliocene/Pleistocene superiore, il cui fondo si estende a profondità variabili da 900 m (settore meridionale) a 1100 m (settore settentrionale). La Faglia di Guspini è caratterizzata da un andamento SW-NE, trasversale alle principali strutture che controllano l'evoluzione del graben, e da una normale cinematica con una componente di strike-slip destra (Casula et al., 2001). La faglia è riportata solo nello schema tettonico sommario di Casula et al. (2001), dove è classificata come faglia attiva nel Plio-Quadernario. La Faglia di Guspini è stata inserita nel catalogo considerando la sua vicinanza e impostazione strutturale simile alla Faglia di Salaponi riportata nel foglio 547-Villacidro e perché classificata come attiva nel Plio-Quadernario (Casula et al., 2001; Barca et al., 2001, e riferimenti ivi contenuti).



Rappresentazione delle faglie locali





CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le NTC 2018 fissa i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e aggiorna le norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone.

L'art. 2 dell'Ordinanza OPCM 3274 del 2003 prevede che siano le Regioni, sulla base dei Criteri generali indicati dallo Stato ad individuare, formare ed aggiornare l'elenco delle zone sismiche.

Le Zone Sismiche sono fissate in numero di quattro, in funzione di quattro valori significati delle accelerazioni sismiche di progetto. Tutta la Sardegna appartiene alla Zona Sismica 4. L'assegnazione a tutto il territorio regionale della Sardegna a questa zona è stata in seguito confermata nell'Ordinanza del 2006 (OPCM 3519).

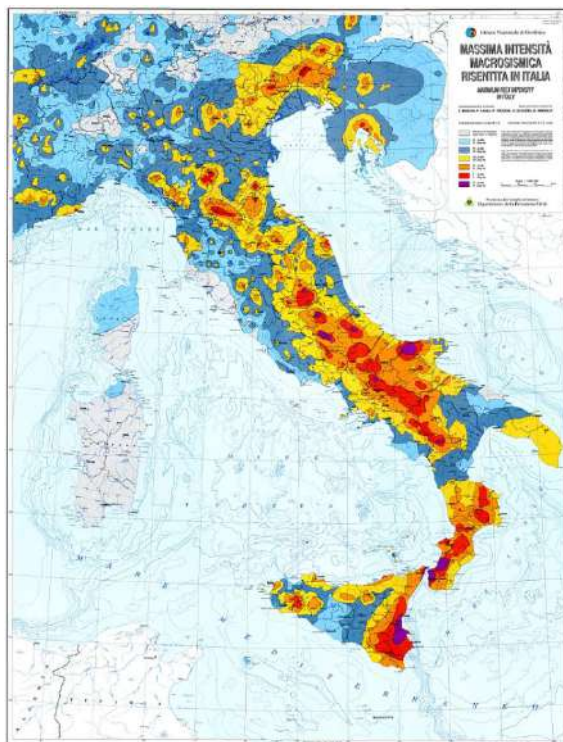
Sismicità storica

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

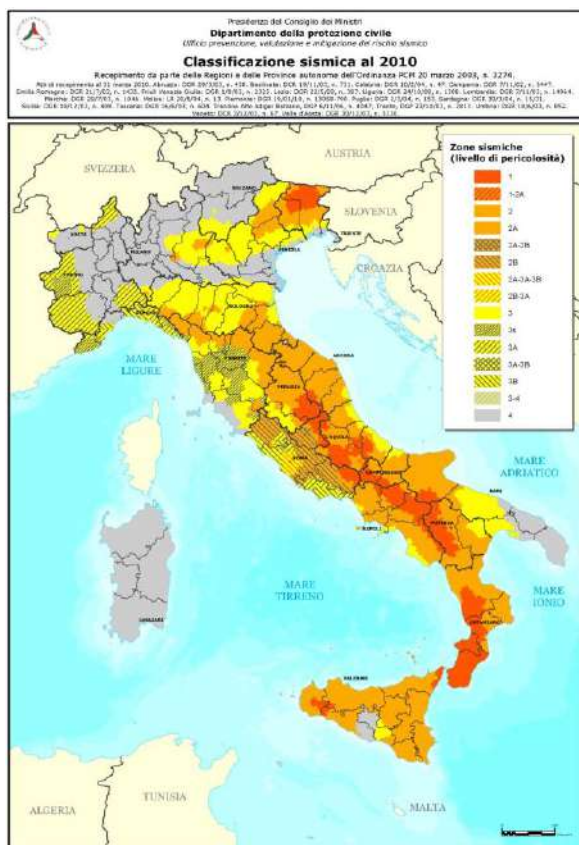
Attualmente la sismicità di una certa porzione di territorio italiano viene definita sulla base di determinati coefficienti organizzati e definiti sulla base di alcune leggi che hanno cercato di dare ordine ad un insieme disordinato e pur vasto di un insieme di elementi che non sempre permettevano di esprimere con esattezza e completezza la sismicità di un certo territorio. Questa è in funzione della distribuzione geografica dei terremoti, frequenza, intensità, energia, natura, e la loro correlazione con gli elementi geologici. L'acquisizione e l'elaborazione di tutti questi fattori rimane assai difficile e complessa, quindi l'elemento principale su cui ci si basa per definire la sismicità di un territorio è l'attitudine di una regione ad essere soggetta ai terremoti in relazione agli effetti prodotti dalle scosse.

Una ricostruzione su base storica della sismicità di una certa regione presenta dei limiti tangibili, in particolar modo per la Sardegna dove gli eventi tettonici si sono susseguiti su scale di tempo sicuramente molto più dilatate rispetto ad altre zone d'Italia o del Mediterraneo. A ciò si lega la





scarsa di fonti documentarie, le quali essendo fondamentalmente legate all'uso della scrittura, non possono essere pertanto testimoniati dai popoli nuragici, pertanto eventuali eventi anche disastrosi non hanno lasciato testimonianze dirette. La sismologia storica in Sardegna si scontra quindi con difficoltà notevoli, ciononostante recenti studi archeologici sui crolli delle torri nuragiche evidenziano tracce di paleosismicità lungo alcune principali direttrici tettoniche, a ulteriore testimonianza di come la grossolana definizione della Sardegna come "terra asismica" si scontri con evidenti tracce di una certa vivacità tettonica, passata ma anche recente. In parte testimoniata dalla cartografia prodotta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), uno dei Gruppi Nazionali di ricerca scientifica di cui si avvale il Servizio Nazionale della Protezione Civile, in una carta prodotta nel 1996, sulla base degli eventi sismici descritti nei cataloghi nazionali parte della Sardegna settentrionale veniva indicata come soggetta a scosse del V grado M.C.S. con tempi di ritorno $T=475$ anni.



Anche la carta della "Massima intensità macrosismica risentita in Italia" del 1995 viene indicata parte della Gallura settentrionale come soggetta ad eventi sismici passati del VI grado M.C.S.

Vediamo come gli studi basati sulla sismicità storica, per quanto parziali e incompleti sulla Sardegna quantomeno individuano nell'Isola settori soggetti a possibili eventi tellurici di una certa consistenza, ma in tempi più recenti sia con l'emanazione dell'O.P.C.M. 3274, e ora con il D.M. 14 gennaio 2008 la Sardegna viene nella sua totalità classificata in zona 4, pur non essendo stato effettuato uno studio specifico sul picco di accelerazione PGA atteso.

In tempi più recenti la disponibilità di fonti storiche di vario tipo permette la ricostruzione di una cronistoria di una serie di eventi sismici.

Tracce di paleosismicità in Sardegna

Sporadici studi sono stati compiuti in tal senso, per lo più concentrati nella Sardegna settentrionale, ritenuta come più "promettente" dal punto di vista di eventuali tracce di una paleosismicità per via della sua relativamente recente attività effusiva Plio-Quaternaria, le ultime della Sardegna, fenomeni diagnostici di una possibile attività tettonica ancora in corso. La ricerca ha riguardato lo studio di tracce in crolli, dislocamenti e torsioni nei caratteristici monumenti megalitici sardi (Nuraghi e Domus de Janas)



Le analisi condotte fino a questo momento hanno evidenziato un certo riscontro tra la distribuzione di danneggiamenti strutturali e trend omogenei nell'orientazione dei crolli di torri nuragiche e la loro disposizione lungo faglie di importanza regionale, correlata ad attività vulcanica Plio-Quaternaria relativamente recente.

Gli studi noti allo scrivente hanno interessato la Sardegna settentrionale e nello specifico parte del Logudoro e del Goceano, pertanto non possono essere efficacemente rappresentative del territorio regionale, ciononostante è evidente come uno studio sistematico potrebbe rivelare notevoli informazioni dal punto di vista dell'attività tettonica regionale, ancora oggi sottovalutata.

La Sardegna meridionale è una delle zone dell'isola maggiormente soggette a fenomeni sismici, infatti sono stati registrati diversi terremoti storici:

1616 – Il primo terremoto storico noto in Sardegna, venne avvertito a Cagliari il 4 giugno del 1616, testimoniato da una piccola iscrizione marmorea nel Duomo: “A.D. 4 juni terremotus factus est 1616”.

Recenti studi hanno dimostrato come l'evento abbia interessato un'area piuttosto vasta, che si estendeva nel settore sud-orientale della Sardegna l'evento colpì il litorale di Villasimius, il golfo di Cagliari, le torri di Cala Pira, San Luigi, l'Isola di Serpentara, di Porto Giunco, l'Isola dei Cavoli, di Cala Caterina, di Capo Boi, di Cala Regina fino a Monte Fenugu.

Testimonianze dell'epoca riferiscono veri e propri momenti di panico tra la popolazione dell'hinterland cagliaritano.

Il sisma creò danni a strutture esistenti, infatti recenti studi basati sul ritrovamento di documenti datati tra agosto e dicembre del 1616 testimoniano la necessità di dover procedere al restauro di otto torri difensive, “resosi necessario per le lesioni determinate da una scossa di terremoto avvenuta appunto nel giugno precedente”.

Dai dati noti è possibile ipotizzare una scossa piuttosto forte, con una intensità compresa tra il 6° e il 7° grado della scala Mercalli (magnitudo ~ 6.1).

L'ubicazione dell'epicentro rimane incerta, a seconda degli studiosi viene indicato nei pressi di Siliqua nella zona di Acquafredda, più recentemente lo si ipotizza in mare aperto, non distante dalla costa. In questo caso il sisma sarebbe quindi una conseguenza della dinamica del bacino del Tirreno meridionale.

1771 – Il secondo venne avvertito a prevalentemente a Cagliari, ma anche a Iglesias e nell'Isola di San Pietro la sera del 17 agosto del 1771. Il sisma di media entità approssimativamente del 4° grado Mercalli (magnitudo ~ 4) non produsse danni, ma gli effetti furono ben percepiti nelle abitazioni con vibrazioni nelle strutture in legno, oscillazioni di vetri, vasellame e mobilia.



L'epicentro di queste due manifestazioni sismiche sono individuati a circa 30 Km a Nord-Ovest di Cagliari, nella località di "s'Acqua Cotta" tra Villasor e Villacidro dove si hanno delle manifestazioni idrotermali in corrispondenza di una faglia profonda.

1977 – il 18 settembre del 1977, alle 11.45 viene percepita una scossa di terremoto classificata del 7° grado della scala Mercalli (magnitudo ~ 6.1) nella Sardegna meridionale, in particolare a Cagliari, ma la scossa viene ben percepita anche ad Oristano. Le cronache riferiscono che la scossa crea panico tra la popolazione, molte persone si riversano nelle strade e cinque malati di cuore finiscono all'ospedale per crisi cardiaca, i centralini dei vigili del fuoco e delle forze dell'ordine vengono intasati.

L'epicentro viene individuato al largo dell'Isola di Sant'Antioco ed è legato all'attività di un vulcano sottomarino che si trova a 3000 metri di profondità, battezzato con il nome "Quirino".

2006 – il 23 marzo 2006 alle 23,45 una scossa di terremoto è stata registrata a Cagliari e nei centri sud-occidentali dell'Isola, avvertita nella notte a Cagliari e nei centri limitrofi. La Rete Sismica Nazionale, INGV, ha registrato un sisma di magnitudo 3,4 sulla scala Richter. L'epicentro è stato localizzato al largo di Capo Spartivento. I comuni interessati sono stati Pula, Villa San Pietro, Domus de maria, Sarroch, Teulada, Capoterra, Santadi, Sant'Anna Arresi, Piscinas, Nuxis, Cagliari, Masainas, Villaperuccio, Giba, Elmas, Quartu S.Elena, Quartucciu, Selargius, Narcao, Assemini.

Allo stato attuale per lo studio della sismicità storica ci si avvale anche dei seguenti database:

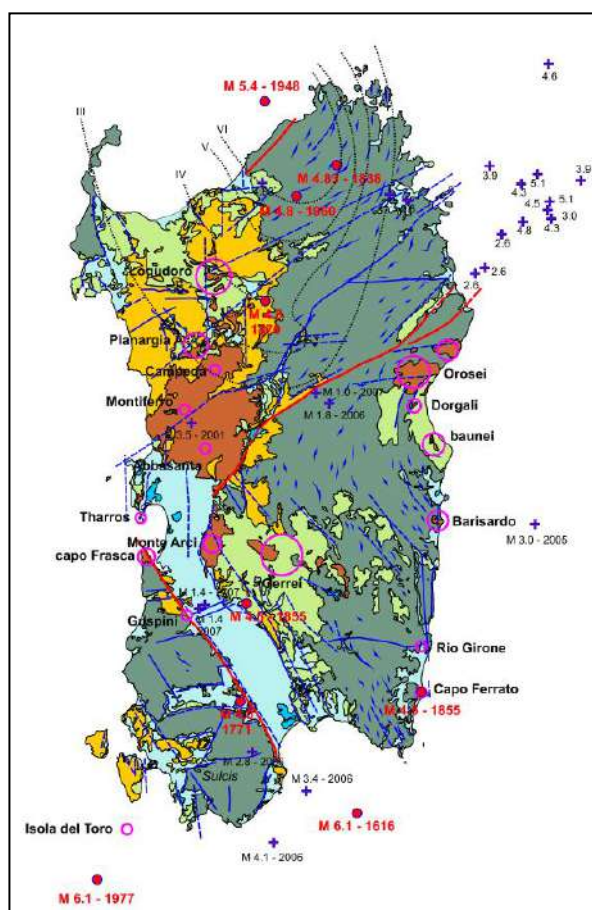
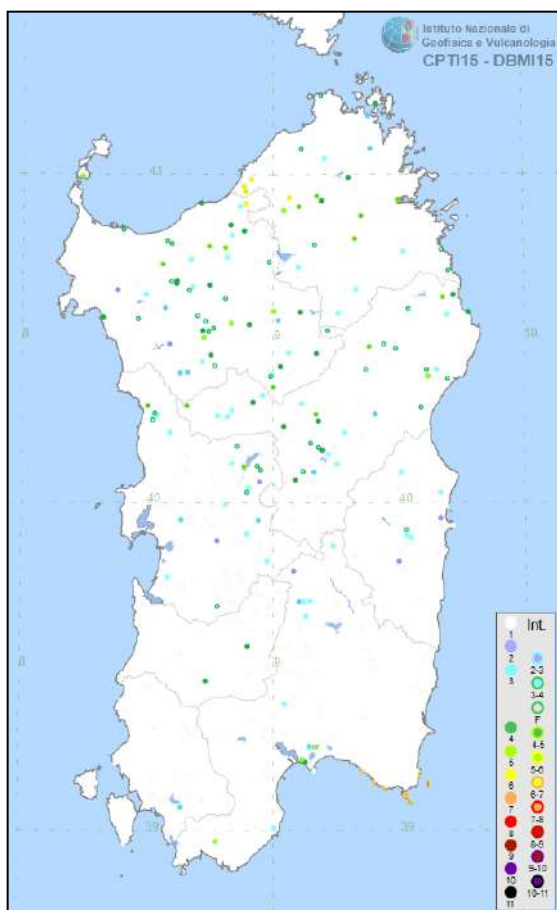
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.



Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

In Figura è mostrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 relativi alla regione Sardegna e altri noti da studi storici locali.



In generale, dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area interessata dal progetto presenta una sismicità storica molto bassa. Il catalogo CPTI15 riporta solo due eventi di magnitudo $\leq 5M_w$ (1924 e 1948). In occasione dell'evento del 1948 sono state osservate intensità pari a 6MCS in alcune località della Sardegna Nord-Occidentale. I terremoti più recenti (avvenuti nel 2000, 2004 e 2006), tutti di $M_w < 5$ e localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma effetti di modesta intensità.

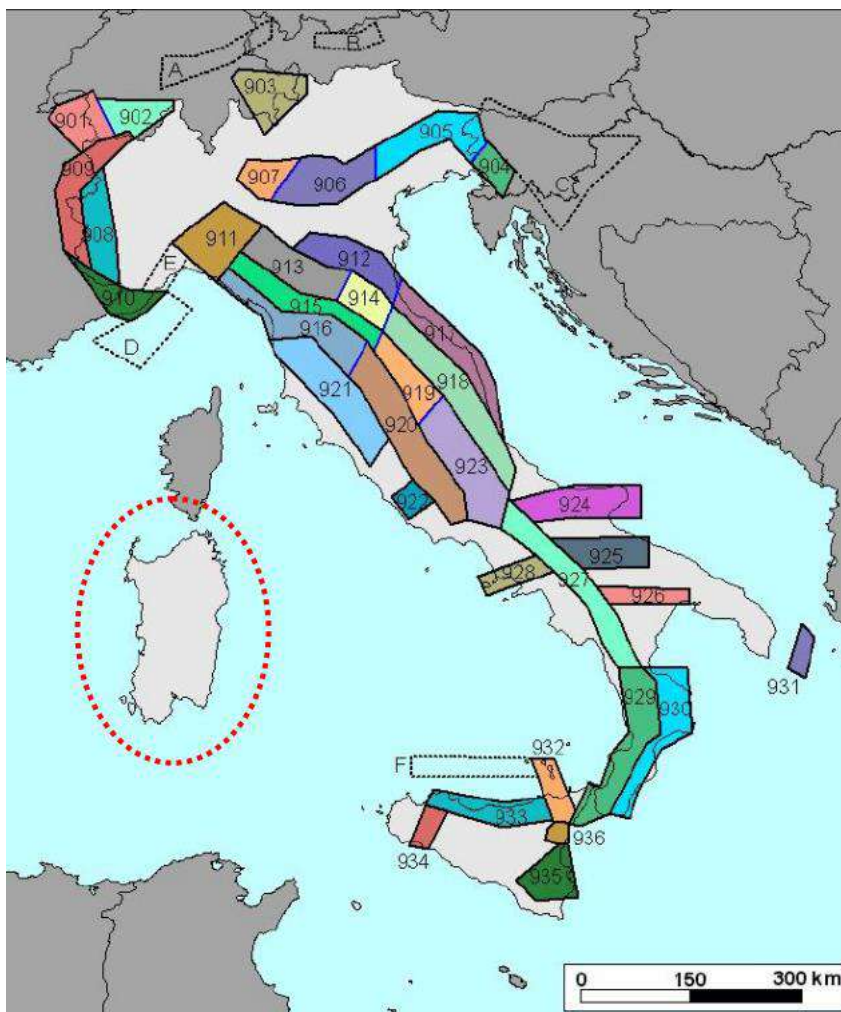
In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 (Fig. 3/A) e dal database DBMI15 (Fig. 3/B), dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.



Caratterizzazione sismogenetica

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che la regione interessata dal progetto non è caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo.



Mappa della Zonizzazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) già con il D.M. 14/01/2008, recentemente sostituito dal DM del 17/01/2018, si introduceva il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La “pericolosità sismica di base”, nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 suddivide l’intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell’azione sismica di progetto:

- a_g accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in $g/10$);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell’opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (a_g) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l’opera.

In particolare, la classificazione sismica del territorio nazionale è articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria B.

La Sardegna è classificata come categoria 4.

I valori convenzionali di a_g espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella sottostante.



Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Definizione della categoria del suolo di fondazione

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_r) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{Vr}) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r).

Il periodo di riferimento dell'opera (V_r) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (V_n), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (C_u), funzione della Classe d'uso della costruzione.

Pertanto per l'opera in oggetto in questo studio sono stati assunti i seguenti parametri:

- Vita Nominale (VN) di 50 anni;
- Classe d'uso II, "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali;
- Categoria topografica: T1, pianeggiante;

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{Vr}) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato.

La sismicità della regione Sardegna risulta molto bassa, sia i dati storici che quelli strumentali non evidenziano criticità nella pericolosità sismica di base, pertanto, nelle NTC 2008 (cfr. Allegato B, Tabella 2) si ritiene ragionevole assumere per l'intera isola un valore uniforme di accelerazione orizzontale massima al bedrock (a_g).

Il territorio in argomento è tutta la Sardegna, come sopra riportato, è classificato in Zona 4 come zona sismica di riferimento, caratterizzata da un valore a_g dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di superamento al 10% in 50 anni pari a $a_g = 0.05g$.

E' tuttavia importante sottolineare che le suddette valutazioni delle possibilità amplificative sono di tipo monodimensionale e non tengono conto delle caratteristiche morfologiche dei siti, (valli strette, versanti acclivi, creste, cucuzzoli etc.) che possono invece indurre importanti effetti amplificativi, soprattutto a causa dei fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche.

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali ed una verticale

A seconda delle diverse categorie di suolo ed in ordine all'amplificazione stratigrafica sono da considerare i seguenti Coefficienti S_s e S_c



Categoria di sottosuolo	Ss	Cc
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T^*c)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T^*c)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T^*c)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T^*c)^{-0.40}$

I valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico per il calcolo delle azioni sismiche orizzontali secondo le Norme tecniche per le costruzioni sono quelli di seguito indicati:

Categoria di sottosuolo	S	T _B	T _C	T _D
A B C D E	1.00	0.05	0.15	1.00

dove S è il fattore amplificativo e T_B, T_C e T_D sono i tempi (durate) relativi ai vari tratti dello spettro di risposta corrispondente a ciascuna categoria di profilo stratigrafico.

La normativa sismica vigente evidenzia, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio V_{sh} all'interno delle coperture.

I valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro di risposta al sito dovrebbero derivare da accurate indagini di risposta sismica locale: in mancanza di tali studi nelle Norme tecniche per le costruzioni si definiscono per questo aspetto cinque indicate con le lettere A, B, C, D, E (non sono più contemplate le S1 ed S2), categorie di suolo di fondazione a diversa rigidezza sismica caratterizzate da velocità Vs30 (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti.

I terreni presenti nell'area studiata rientrano nella Categoria di sottosuolo "B" definita mediante l'esecuzione di una indagine geofisica con metodologia MASW.

Parametrizzazione sismica e Azione sismica

Le NTC 2018 stabiliscono il principio per cui le azioni sismiche sulle costruzioni si stabiliscono in relazione alla pericolosità del sito definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag su roccia (suolo tipo A) e del corrispondente spettro di risposta elastico.



Per accelerazione massima attesa si intende il picco del segnale che ha una probabilità PVR di essere superato in un periodo di riferimento VR (ad esempio molti codici considerano la probabilità del 10% in 50 anni come riferimento per il progetto).

L'azione sismica, per il sito di edificazione e per la tipologia di costruzione definita (vita nominale, coefficiente d'uso), deve essere valutata relativamente allo Stato Limite da considerare.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate in tabella:

Stati limite	PVR	
	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr	
Stati limite di esercizio (SLE)	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi (SLU)	SLV	10%
	SLC	5%

Fissata la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR per ciascun Stato Limite considerato, va determinato il periodo di ritorno dell'evento sismico da considerare.

A tal fine si utilizza la seguente formula e la relativa tabella:

$$TR = -VR / \ln(1-PVR) = -C, VR / \ln(1-PVR)$$

A seconda dei diversi stati limite si ottengono i seguenti tempi di ritorno TR

Stati limite	Tempi di ritorno TR (anni)	
SLE	SLO	30
	SLD	50
SLU	SLV	475
	SLC	975

In corrispondenza dei diversi stati limite si riportano di seguito i valori dei parametri:

S.L. Stato limite	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.19	2.61	0.27
S.L.D.	0.24	2.67	0.30
S.L.V.	0.50	2.88	0.34
S.L.C.	0.60	2.98	0.37

Nell'area interessata dal progetto si riscontra esclusivamente la presenza di un substrato costituito da una copertura alluvionale spessa almeno qualche decina di metri con densità crescente al crescere della profondità, inoltre, l'intensità attesa dell'azione sismica attesa è di ordine molto basso, pertanto, in presenza di queste circostanze, può essere omessa la verifica alla liquefazione dei terreni.

Per quanto attiene all'amplificazione determinata dalle condizioni morfologiche del sito considerato che:

- Il manufatto si trova su un'area pianeggiante;



- Le fondazioni in progetto non presentano una importante incidenza sul terreno, e il sito non è soggetta ad affollamenti significativi;

L'azione sismica di progetto tenuto conto dell'effetto morfologico presenterà un'amplificazione nulla rispetto al valore massimo atteso agli stati limite sarà quindi:

SLO	$a_{gT} = S \cdot a_g \cdot ST = 1 \cdot 0.186 \cdot 1.0 = 0.186 \text{ g} = 1.9 \text{ m/s}^2$
SLD	$a_{gT} = S \cdot a_g \cdot ST = 1 \cdot 0.235 \cdot 1.0 = 0.235 \text{ g} = 2.4 \text{ m/s}^2$
SLV	$a_{gT} = S \cdot a_g \cdot ST = 1 \cdot 0.500 \cdot 1.0 = 0.500 \text{ g} = 5.0 \text{ m/s}^2$
SLC	$a_{gT} = S \cdot a_g \cdot ST = 1 \cdot 0.603 \cdot 1.0 = 0.603 \text{ g} = 6.0 \text{ m/s}^2$

Ai sensi della normativa (articolo 3.2.3.3 "Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno") si ottengono i valori massimi dello spostamento (d_g) e della velocità orizzontali (v_g) del suolo, previsti a livello del piano di fondazione attraverso le espressioni:

Spostamento orizzontale massimo al suolo

SLO	$d_g = 0.025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_{gT} = 0.025 \cdot 1 \cdot 0.273 \cdot 1.7 \cdot 1.9 = 0.02 \text{ cm}$
SLD	$d_g = 0.025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_{gT} = 0.025 \cdot 1 \cdot 0.296 \cdot 1.7 \cdot 2.4 = 0.03 \text{ cm}$
SLV	$d_g = 0.025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_{gT} = 0.025 \cdot 1 \cdot 0.340 \cdot 1.8 \cdot 5.0 = 0.08 \text{ cm}$
SLC	$d_g = 0.025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_{gT} = 0.025 \cdot 1 \cdot 0.372 \cdot 1.8 \cdot 6.0 = 0.10 \text{ cm}$

Velocità orizzontale massima al suolo

SLO	$v_g = 0.16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_{gT} = 0.16 \cdot 1 \cdot 0.273 \cdot 1.9 = 0.1 \text{ cm/s}$
SLD	$v_g = 0.16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_{gT} = 0.16 \cdot 1 \cdot 0.296 \cdot 2.4 = 0.1 \text{ cm/s}$
SLV	$v_g = 0.16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_{gT} = 0.16 \cdot 1 \cdot 0.340 \cdot 5.0 = 0.3 \text{ cm/s}$
SLC	$v_g = 0.16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_{gT} = 0.16 \cdot 1 \cdot 0.372 \cdot 6.0 = 0.4 \text{ cm/s}$

In prospettiva sismica, l'area a livello di superficie è da ritenersi in osservanza dell'Ordinanza D.P.C.M. N.3274 e del DM 14/09/05, ad incremento sismico molto basso.

Villacidro 22/07/2023