



Anas SpA
Direzione Centrale Progettazione

CUP F2602000340001 CIG 652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA
ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850



Pregio tecnico



Caratteristiche ambientali



Cantierizzazione e fasi di lavoro

OFFERTA TECNICA

ASSE STRADALE PRINCIPALE

GEOLOGIA E GEOTECNICA

GEOLOGIA

Relazione Sismica

CODICE PROGETTO			CODICE ELABORATO					SCALA	DATA
progetto	liv.	numero	campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	rev		
D P C A 0 6	D	1 5 0 1	T 0 0	G E 0 0	G E O	R E 0 4	B	-	05/11/2017

CODICE ELABORATO DI OFFERTA

8.4

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.



Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO

Ing. Paolo Cucino

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
3	SISMICITÀ STORICA.....	6
4	PERICOLOSITÀ SISMICA	7
5	MICROZONAZIONE SISMICA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11



1 PREMESSA

La presente relazione fornisce un quadro della sismicità del tracciato in progetto alla luce della nuova normativa sismica sia nazionale sia regionale:

- Normativa nazionale
 - Legge n. 1086 del 1971
 - Legge n. 64 del 1974
 - Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia)
 - Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (Norme tecniche sulle costruzioni)
 - Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 617 del 6 febbraio 2009: "Istruzioni per l'applicazione delle <<Nuove norme tecniche per le costruzioni>> di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- Normativa, decreti e circolari regionali
 - Delib. G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31 (Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica").

Il tracciato in progetto ricade all'interno del territorio comunale di Cagliari, Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu Sant'Elena (Figura 1. Ubicazione del tracciato in riferimento ai limiti comunali.).

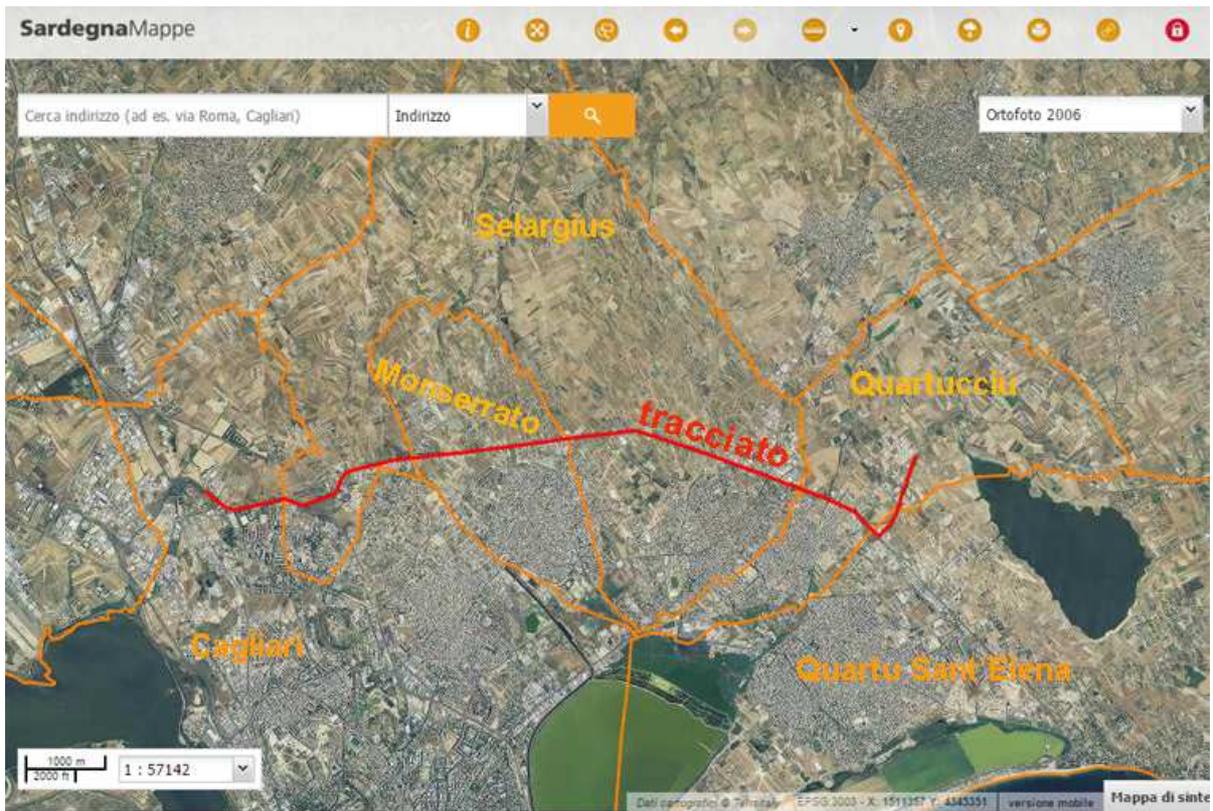


Figura 1. Ubicazione del tracciato in riferimento ai limiti comunali.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di studio è ubicata nel settore centro-meridionale della Sardegna, lungo il bordo orientale della depressione tettonica del Campidano. I principali elementi strutturali presenti sono le faglie normali ad andamento NNO-SSE che hanno portato alla formazione del Graben del Campidano nel Plio-Pleistocene.

In corrispondenza del nuovo tracciato affiorano prevalentemente i depositi olocenici di origine alluvionale e colluviale e localmente anche depositi miocenici rappresentati dalle Marne di Gesturi e dalle Arenarie di Pirri.

3 SISMICITÀ STORICA

Nella zona sono presenti due strutture tettoniche importanti, le Faglie di Isili e Monastir, che tuttavia non sono considerate sismogenetiche. Dall'analisi dei dati di sismicità storica presenti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani sul sito dell'INGV (CPTI11 del 2011), si rileva che, dal 217 a.c al 2011, si sono verificati solo due eventi sismici di intensità compresa tra 4.5 e 5.0 MCS le cui caratteristiche sono sintetizzate nella Tabella 1.

I dati di sismicità storica nei comuni interessati dal tracciato non evidenziano eventi sismici significativi.

N	Tr	Anno	Mese	Giorno	Ora	Mi	AE	Rt	Np	Imx	lo	Lat	Lon
821	CP	1838	2	2	22	30	S.Antonio	POS85			60	41	9.25
2025	DI	1948	11	13	9	52	Mar di Sardegna	DOM	19	60	60	40.959	8.941

Tabella 1. Caratteristiche dei terremoti sismici.

4 PERICOLOSITÀ SISMICA

Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, introdotta appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con lettere da A a F, fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Figura 2). Ogni zona sismogenetica è stata caratterizzata da una propria sismicità, definita attraverso la distribuzione degli eventi in base alla loro severità. In particolare per la redazione della mappa di pericolosità 2004 si sono usate due diverse rappresentazioni: una distribuzione di tipo esponenziale degli eventi e una distribuzione discreta assegnando il numero medio annuo di eventi per classi di magnitudo. Nessuna zona sorgente è presente in Sardegna.

Anche secondo il catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) in Sardegna non sono presenti delle strutture tettoniche sismogenetiche (Figura 3).



Figura 2. Zonazione Sismogenetica ZS9.



Figura 3. Catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults).

A seguito dell'emanazione dell'OPCM n° 3274/2003 aggiornata al 16/01/2006 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica nel comune di Cagliari, Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu Sant'Elena, in cui ricade il tracciato sono stati classificati sismici in ZONA 4. Il D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" individua i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, e per i comuni sopracitati minore di 0,05 (a_g/g) (Tabella 2).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Edifici in classe 1 Valori di a_g/g accelerazione orizzontale massima convenzionale sul suolo di categoria A (substrato sismico)	Edifici in classe 2 Valori di a_g/g accelerazione orizzontale massima convenzionale sul suolo di categoria A (substrato sismico)
1	> 0,25	0,35	0,49
2	0,15 – 0,25	0,25	0,35
3	0,05 – 0,15	0,15	0,21
4	< 0,05	0,05	0,07

Tabella 2. Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche.

Sulla base della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, presentata nell'aprile 2004 dall'INGV, il territorio in questione si colloca in un'area in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo (a_{max}) minore di 0,05. Nella Figura 4 e nella Figura 5 si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia

regolare a passo 0.02° , relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da a_g (accelerazione orizzontale massima del suolo).

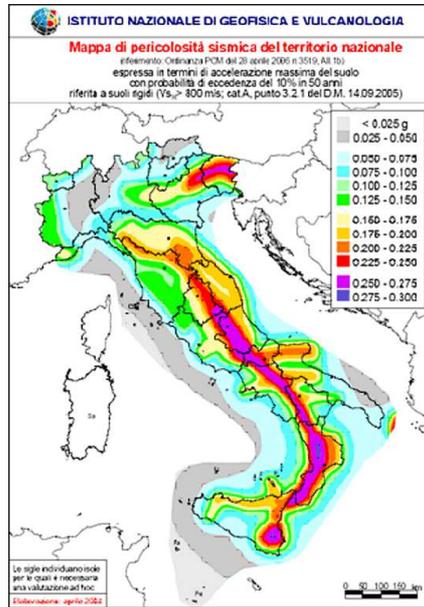


Figura 4. Mappa della pericolosità di base dell'Italia.

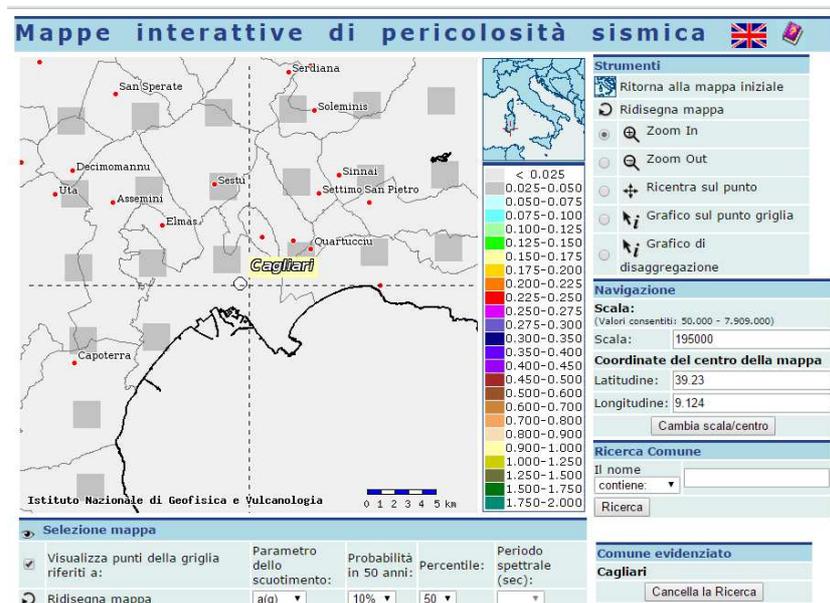


Figura 5. Stralcio della mappa di pericolosità sismica del comune di Cagliari espressa in termini di a_g per un tempo di ritorno di 50 anni

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli

direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione pianificativa e di controllo dello stesso.

Secondo il nuovo approccio, il valore di accelerazione orizzontale massima al sito (a_g) viene stimato per l'intero territorio della Sardegna non facendo riferimento al reticolo sismico nazionale. Questo valore, calcolato per un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni, corrispondente ad una vita utile di 50 anni ed una probabilità di superamento (P_{vr}) del 10% (SLV - Stato limite di salvaguardia della Vita) nel periodo di riferimento V_r è pari a 0.0500 g.

5 MICROZONAZIONE SISMICA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La microzonazione sismica consiste sostanzialmente nell'individuazione delle risposte sismiche locali nell'ambito dell'area interessata dal progetto individuando la presenza di terreni dinamicamente instabili (quelli che in caso di sollecitazione sismica possono essere soggetti a deformazioni permanenti, quali frane, liquefazione, addensamento, etc.) stimando in maniera qualitativa le accelerazioni che si possono determinare sui terreni dinamicamente stabili.

Per definire l'azione sismica di progetto si deve valutare la risposta sismica locale che è definita come l'azione sismica che emerge in "superficie" a seguito delle modifiche di ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato rigido. La risposta sismica locale è funzione delle caratteristiche del sottosuolo (tipo di terreno, variazioni dello stesso in profondità, spessore, etc.) e delle condizioni topografiche, che possono favorire o meno i fenomeni di amplificazione (Figura 6).

In materia di classificazione del rischio sismico, la normativa in vigore fa riferimento al Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (Norme Tecniche per le Costruzioni, GU n.29 del 04/02/2008). Le Norme Tecniche per le Costruzioni (in seguito NTC) superano il concetto della classificazione del territorio in zone come previsto dall'OPCM 3519 del 2006. Quest'ultimo raccomanda di classificare uno specifico sito in Zona I, II, III o IV a seconda che l'accelerazione massima al suolo (a_g di picco definita come PGA – peak ground acceleration) ricada all'interno di intervalli determinati in cui limiti definivano le soglie tra una classe e l'altra. La pericolosità sismica era quindi associata a una classe generica non forzatamente rappresentativa del sito d'indagine. Le NTC, invece, definiscono la pericolosità sismica di un sito in termini della specifica accelerazione orizzontale massima su roccia (condizione per la quale a_g coincide con PGA) e del corrispondente spettro elastico di risposta al sisma. Il metodo deriva direttamente dagli studi realizzati dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) commissionati dalla Protezione Civile che hanno discretizzato il territorio nazionale creando una griglia con passo pari a 5 km nelle due direzioni orizzontali. In corrispondenza dei nodi di questo reticolo si è attribuito, tramite analisi probabilistica, i valori utili di a_g e dello spettro elastico. Tali valori sono direttamente forniti dalle NTC (Allegato B). Posizionando il sito di indagine sul reticolo è quindi possibile attribuire mediante interpolazione specifici valori di a_g che sono amplificati considerando la categoria di suolo, l'effetto topografico e gli effetti di bordo di valli alluvionali. Inoltre, il dato sismico sarà correlato al tipo di manufatto da realizzare che condiziona la definizione del periodo di ritorno del sisma (in funzione della vita nominale del manufatto e della sua destinazione d'uso). Per questo motivo, secondo le norme vigenti, non è più possibile sintetizzare la zonazione sismica su carte generiche di pericolosità sismica; essa, infatti, è da intendersi piuttosto come caratteristica specifica del sito d'indagine in funzione del manufatto da realizzarsi.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con

	spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

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

Tabella 3. Categorie di sottosuolo e topografiche.

La definizione della categoria del sottosuolo necessita di indagini che permettano di effettuare una opportuna caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo. La classificazione si ottiene sulla base dei valori misurati della velocità equivalente (Vs30) di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità ed in base a questi valori si distinguono 5 categorie di sottosuolo.

I valori sono stati ottenuti da 9 prove MASW e 10 prove sismiche in foro Down hole (

Tabella 4), che hanno evidenziato che i depositi presenti lungo quasi tutto il tracciato presentano velocità tali da essere collocati in classe B secondo la normativa italiana vigente (Tabella 3). Soltanto la MASW 9 e le prove Down hole DH S17, DH S24, DH S28 (

Tabella 4) hanno registrato una Vs30 che permette di collocare i depositi indagati in classe C (Tabella 3). Nel settore del tracciato ricadente in classe C il minore valore della Vs30 è probabilmente imputabile alla presenza dei depositi alluvionali terrazzati a prevalenza limoso-argillosa (b_{nc}) (codice elaborato da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-10-B a DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-13-B).

La distinzione delle categorie topografiche è stata eseguita attraverso la realizzazione di una carta delle pendenze a partire da un DTM con cella 10x10m disponibile sul geoportale della Regione Sardegna. Il tracciato interessa un'area che rientra nella categoria T1 (

Tabella 4). Ristrette aree appartenente alla categoria T2 sono state riconosciute nell'area a ridosso del tracciato.

Codice indagine	pk	Opere	Vs 30 misurata (m/s)	Classi Vs30	Categoria di sottosuolo	Categoria topografica prevalente
MASW 8	1+900	Accesso area urbano Su Planu	449,2	360 - 800	B	T1
MASW 7	3+025	Quadrifoglio	458,2	360 - 800	B	T1
MASW 1	3+900	Svincolo n.1 Baracca Manna Su Pezzu Mannu	506,8	360 - 800	B	T1
MASW 9	4+950	Ponte Strallato Sestu	303,6	360 - 800	C	T1
DH S3	5+375	Ponte Rio Salius	460,69	360 - 800	B	T1
DH S8	5+925	Svincolo n.3 Monserrato	468,58	360 - 800	B	T1
MASW 2	6+050	Svincolo n.3 Monserrato	384,8	360 - 800	B	T1
DH S13	6+800	Svincolo n.4 Selargius Ovest	460,89	360 - 800	B	T1

DH S17	7+088	Svincolo n.4 Selargius Ovest	311,39	180 - 360	C	T1
MASW 3	7+200	Svincolo n.4 Selargius Ovest	396,7	360 - 800	B	T1
DH S24	8+335	Svincolo n.5 Selargius centro	307,3	180 - 360	C	T1
MASW 4	8+400	Svincolo n.5 Selargius centro	427,6	360 - 800	B	T1
DH S28	8+480	Svincolo n.5 Selargius centro	279,71	180 - 360	C	T1
DH S36	9+225	Svincolo n.6 Selargius Est	391,32	360 - 800	B	T1
MASW 5	9+300	Svincolo n.6 Selargius Est	490,4	360 - 800	B	T1
MASW 6	10+025	Svincolo n.7 Quartucciu	453,5	360 - 800	B	T1
DH S40	10+030	Svincolo n.7 Quartucciu	431,3	360 - 800	B	T1
DH S43	10+420	Svincolo n.7 Quartucciu	449,86	360 - 800	B	T1
DH S48	10+725	Svincolo n. 7 S.S.125	455,95	360 - 800	B	T1

Tabella 4. Valori del parametro Vs30 dedotti sulla base di prove geofisiche Down Hole e MASW.