



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI



PROGETTO DEFINITIVO



R.U.P.
Ing. Vasco Ciuti

PROGETTAZIONE
UFFICIO TECNICO CACIP

PROGETTISTI
Ing. Matteo Bordignon

Geom. Ezechiele Mameli
Geom. Luigi Dessi
Dott. Geol. Marco Pilia

**Consorzio Industriale Provinciale
Cagliari**

www.facebook.com/consorziocacip

www.instagram.com/consorziocacip

twitter.com/consorziocacip

CACIP - Centro Servizi Cacip - Sesta Strada Ovest - Agglomerato Industriale di Macchiareddu - Uta (CA) - Telefono: 070 2481 - www.cacip.it

**RIASSETTO DELLA VIABILITA' DI COLLEGAMENTO DELLA ZONA INDUSTRIALE DI
CAGLIARI ATTRAVERSO LA SP.92 E LA STRADA PRIVATA EX CONTI VECCHI.
CUP: F51B07000390002 - LOTTO 2**

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

ALLEGATO

D


SCALA

AGG.

DATA


NOVEMBRE 2023

AGG.

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.1 di 20	Rev. 0

Indice

1	PREMESSA	2
1.1	Normativa di riferimento	2
1.2	Intervento in progetto	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, CARTOGRAFICO, CATASTALE E URBANISTICO	6
2.1	Inquadramento geografico	6
2.2	Inquadramento cartografico	6
2.3	Inquadramento catastale	9
2.4	Inquadramento urbanistico	9
3	ANALISI E DESCRIZIONE DELLA SISMICITÀ STORICA	11
4	MODELLAZIONE SISMICA	13
4.1	Definizione delle forme spettrali definite dalle NTC2018	13
4.2	Parametri del nodo sismico di riferimento	14
4.2.1.	Parametri VN e CU	14
4.2.2.	Parametri spettrali	15
4.3	Parametri di risposta sismica locale	16
4.3.1.	Calcolo della Vs,eq per la definizione della categoria del suolo di fondazione	16
4.4.	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	16
4.5.	Accelerazione massima attesa in superficie	17
	In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:	17
4.6	Accelerazione massima attesa in superficie	18
5	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	20

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Data 22/11/2023	
			Fg.2 di 20	Rev. 0

1 PREMESSA

In seguito all'incarico conferitomi dal CACIP con sede in Cagliari, Viale Diaz 86, il sottoscritto Dott. Geol. Marco Pilia, con studio in Via Catalani, 7 Cagliari, ha elaborato la presente Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base nell'ambito del progetto **“Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi”**

Il tratto di strada in progetto rappresenta una infrastruttura fondamentale per la risoluzione dei problemi del traffico proveniente dalle direttrici di Assemini e paesi limitrofi, da Cagliari e dalla zona industriale di Macchiareddu. Allo stato attuale infatti, chiunque voglia collegarsi alla Strada Statale 195 per dirigersi verso Cagliari o chi, proveniente da Cagliari, voglia attraverso la stessa per dirigersi verso la zona Industriale o Assemini, è costretto ad affrontare la strada “Contivecchi/SP92” la quale per le sue caratteristiche, non è idonea a sopportare la quantità di traffico costituito per lo più da “mezzi pesanti”, con il risultato di lunghe file, prolungati tempi di percorrenza e notevole incidentalità. Il CACIP, facendosi interprete delle possibili opportunità risultanti da un rinnovamento e decongestionamento delle arterie principali del traffico, con conseguente miglioramento di tutti i servizi connessi alla mobilità veicolare, ha pertanto predisposto un progetto che si articola secondo un tracciato teso a sfruttare in massima parte i percorsi esistenti (strada ex Contivecchi – SP 92 – 2A Strada) e realizzando una rotatoria al fine di rendere più funzionale e sicuro lo svincolo SP92/2a Strada Z.I. Macchiareddu.

1.1 Normativa di riferimento


La presente relazione è redatta in conformità alle disposizioni delle seguenti norme:

- **Decreto 17 gennaio 2018.** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617** del 02.02.2009 «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Normative tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;

1.2 Intervento in progetto

Il progetto proposto, di cui il presente studio geologico è parte integrante prevede i seguenti interventi:

- adeguamento funzionale della attuale “SP92” al fine di trasformarla in una infrastruttura di categoria tipo F1 a doppio senso di marcia in direzione Cagliari/Macchiareddu formata da corsie da 3,25 m e banchina da 1,00 bitumata per un totale di 8,50 metri **Fig. 1.2/A**;

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia		Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari		RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2				Data 22/11/2023	
					Fg.3 di 20	Rev. 0

- manutenzione dei tratti di strada interessati dal progetto, attraverso una fresatura di 3 cm, stesa della geogriglia di rinforzo per la ripartizione dei carichi e una nuova profilatura di binder e tappeto per un totale di 10 cm;
- posa della nuova segnaletica verticale;
- posa di nuove barriere stradali presso lo svincolo H;

Per la risoluzione degli incroci si è optato per intersezioni del tipo a rotatoria favorendo la fluidificazione del traffico con la riduzione delle manovre “stop and go” imponendo con opportune deflessioni sui tracciati una adeguata riduzione della velocità per garantire l'esecuzione delle manovre di cambio corsia in piena sicurezza.

Nello specifico per i diversi tratti del tracciato stradale, **Fig. 1.2/A**, di interesse l'intervento in progetto prevede:

1. adeguamento a norma del tratto di strada SP92, attraverso un allargamento nel tratto C1-E-F al fine di poter realizzare una viabilità che passa da categoria E “urbano” alla categoria tipo F2 “ambito extraurbano” **Fig. 1.2/B**.
2. asportazione del bitume esistente attraverso la fresatura dei primi 3 cm e posa dell geogriglia di ripartizione dei carichi su tutti i tratti di strada interessati al progetto, tratto C1-E-F, Rotatoria F **Fig. 1.2/C**, tratto FG, tratto FH e vincolo H;
3. Posa del nuovo manto d'usura e relativo Binder su tutti i tratti di strada interessati al progetto, tratto C1-E-F, Rotatoria F, tratto FG, tratto FH e vincolo H; - Posa delle nuove barriere stradali presso lo Svincolo H; - Illuminazione fotovoltaica presso la rotatoria F;
4. posa nuova segnaletica orizzontale.


COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.4 di 20	Rev. 0



Fig. 1.2/A: tratti del tracciato stradale interessati dai diversi interventi in progetto

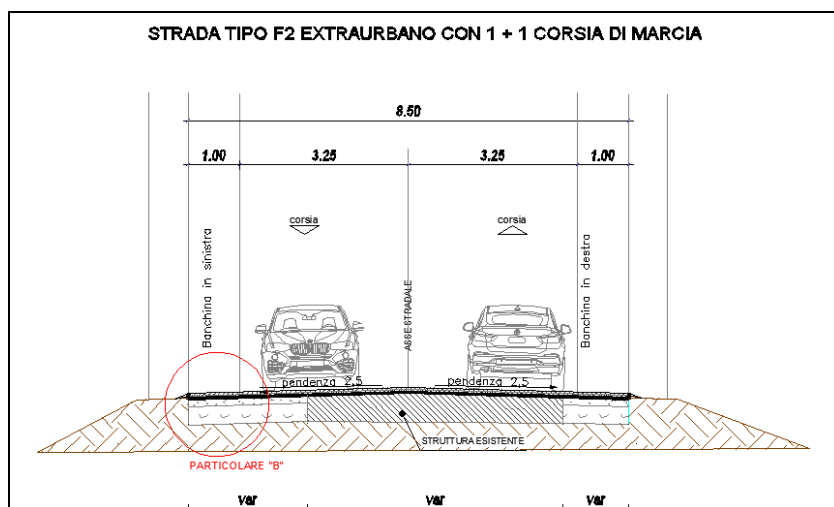



Fig. 1.2/B: sezione tipo in progetto per il tratto C1-E-F

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia		Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari		RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2				Data 22/11/2023	
					Fg.6 di 20	Rev. 0

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, CARTOGRAFICO, CATASTALE E URBANISTICO

2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto del presente studio geologico è ubicata nel settore sud-orientale dell'area industriale di Macchiareddu, entro i confini amministrativi del Comune di Assemini, Città Metropolitana di Cagliari.




Fig. 2.1/A: vista aerea del settore di interesse

2.2 Inquadramento cartografico

Nella cartografia ufficiale l'area è contenuta:

- nel foglio 557 dell'IGM in Scala 1:50.000;
- nel Foglio 557 sez. III "Cagliari" della carta dell'I.G.M. in scala 1:25.000; **Fig. 2.2/A**
- nella Sezione 557130 "Macchiareddu" del C.T.R. numerico della Regione Sardegna in scala 1:10.000 **Fig. 2.2/B**

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.7 di 20	Rev. 0

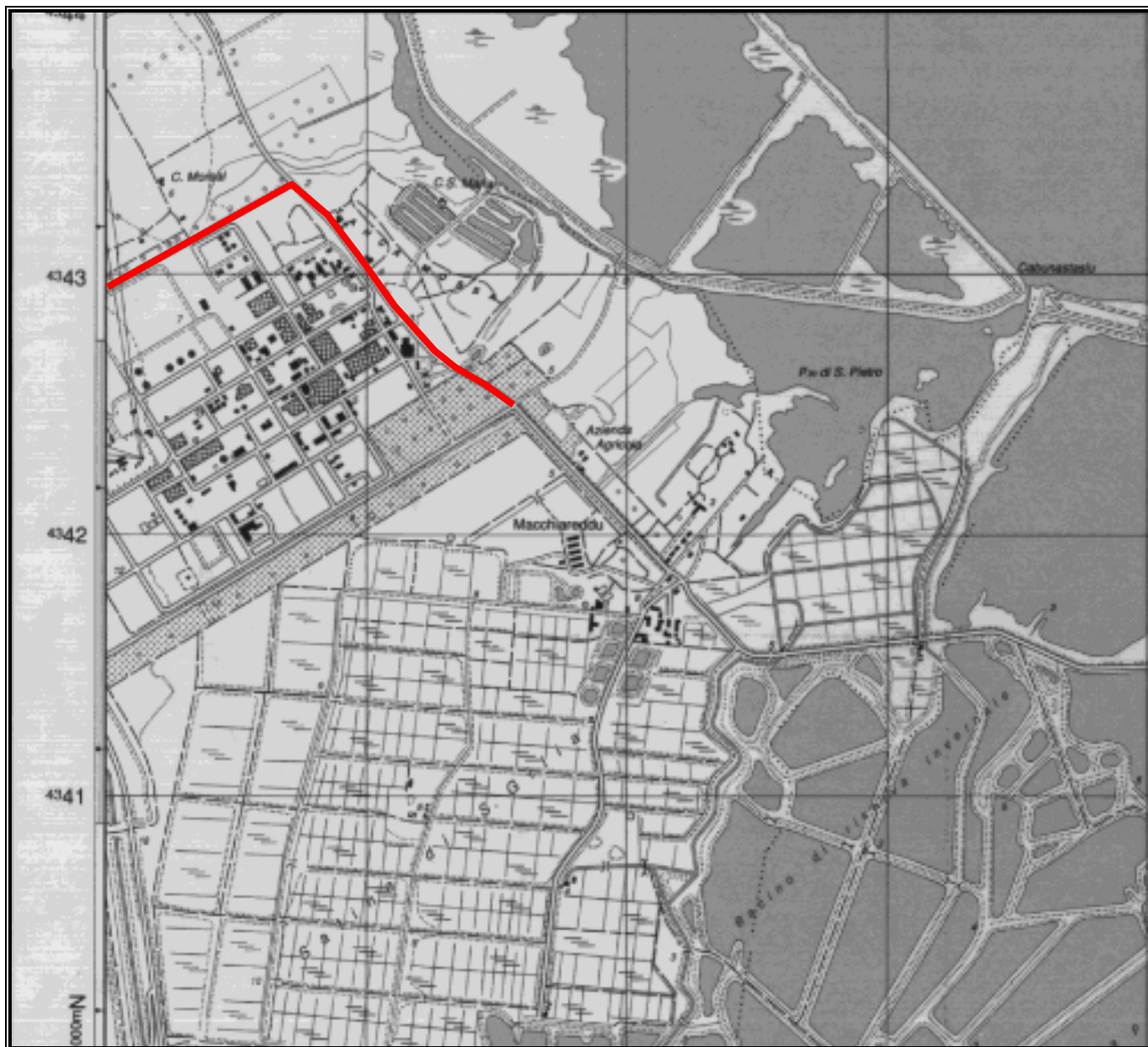



Fig. 2.2/A: Stralcio dei fogli foglio 557 sez. III "Cagliari" della carta dell'I.G.M. in scala 1:25.000.

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Data 22/11/2023	Fg.8 di 20
				Rev. 0

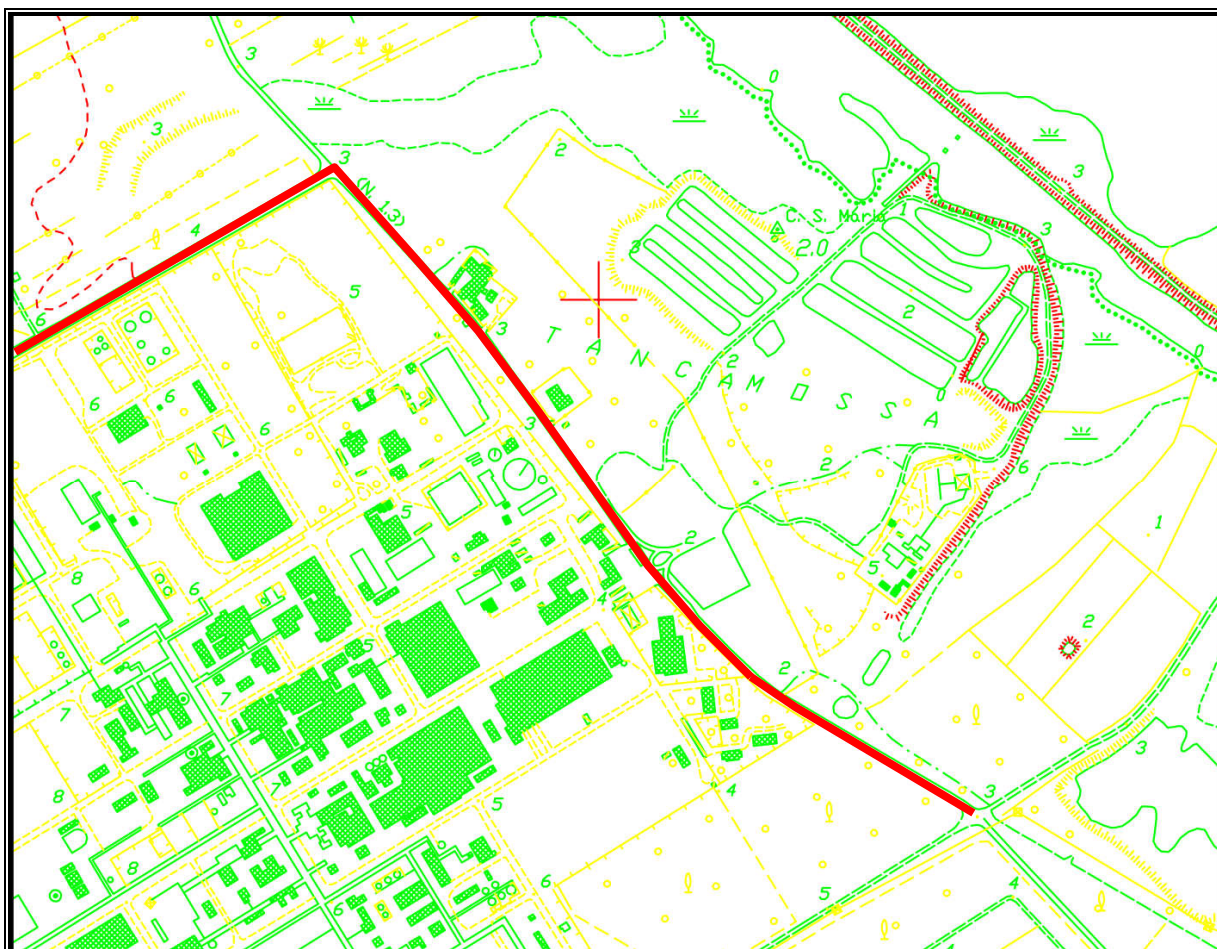



Fig. 2.2/B: stralcio del foglio 557130 "Macchiareddu" del CTR della Regione Sardegna in scala 1:10000.



Fig. 2.2/C: Vista aerea del tratto stradale interessato dal progetto

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Data 22/11/2023	
			Fg.9 di 20	Rev. 0

2.3 Inquadramento catastale

Dal punto di vista catastale il tratto della SP 92, oggetto del presente studio, non è individuabile nel NCT ma verosimilmente appartiene al "Catasto strade" della Città metropolitana di Cagliari **Fig. 2.3/A**

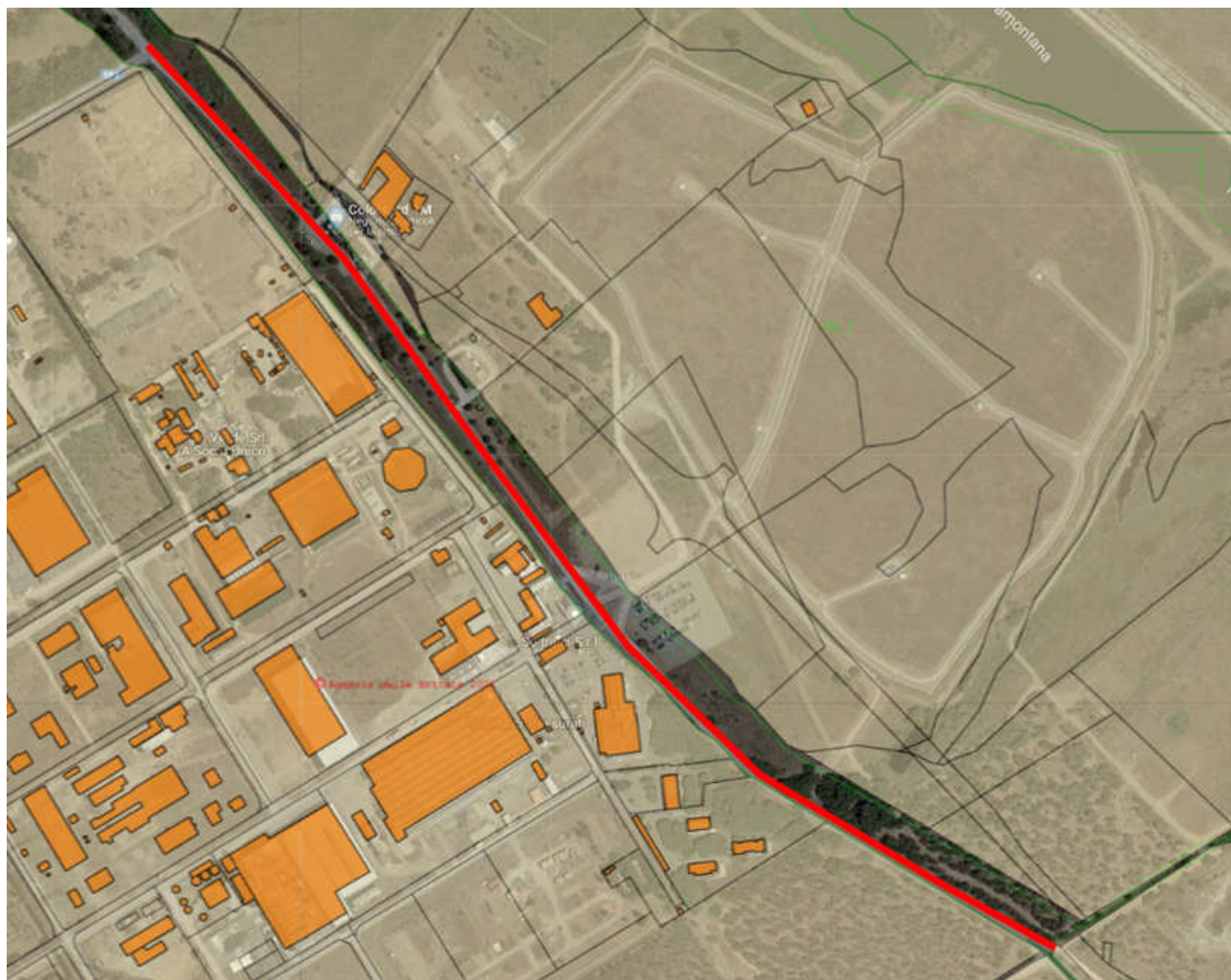



Fig. 2.3/A: stralcio Catasto Strade Città Metropolitana di Cagliari.

2.4 Inquadramento urbanistico

Le opere in progetto interessano aree già destinate alla viabilità e pertanto le stesse risultano rispondenti e conformi alle previsioni degli strumenti urbanistici adottati. Sotto il profilo della disciplina urbanistica, l'area interessata dal progetto ricade in territorio del Comune di Assemini precisamente nella sottozona "D1 / Grandi aree industriali", comprese nel piano regolatore del CACIP, perciò, essendo interne all'Agglomerato Industriale di Macchiareddu, sono regolate dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Territoriale, strumento urbanistico e programmatico di riferimento per l'area **Fig. 2.4/A**.

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.10 di 20	Rev. 0

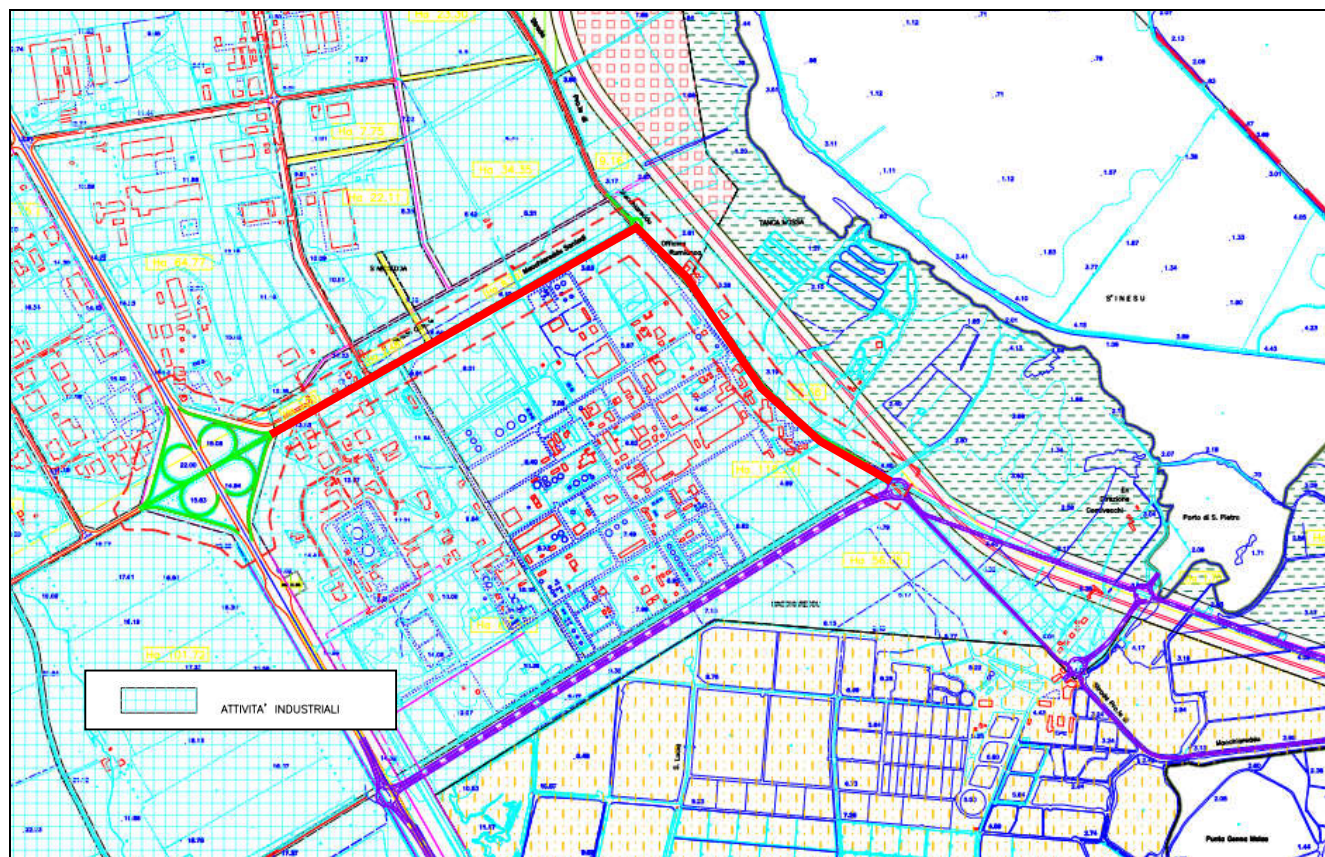



Fig. 2.4/A: Stralcio del Piano Regolatore territoriale del CACIP

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia		Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari		RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2				Data 22/11/2023	
					Fg.11 di 20	Rev. 0

3 ANALISI E DESCRIZIONE DELLA SISMICITÀ STORICA

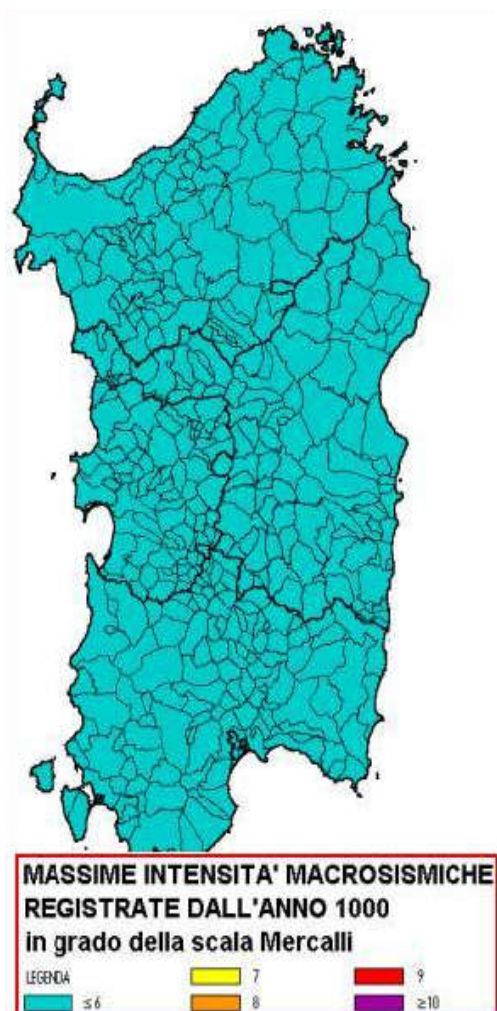


Fig. 3/A: *Massime intensità macrosismiche registrate dall'anno 1000 d.c. nel territorio della Regione Sardegna.*

Per evidenziare il risentimento dei terremoti passati avvenuti nell'area di studio, è stata ricostruita la storia sismica dei comuni interessati dall'opera in progetto. I dati sono stati tratti dal database disponibile sul web "DBMI15", un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana (a cura di Locati M. et al., 2015), che contiene i dati macrosismici provenienti da diverse fonti relative ai terremoti con intensità massima ≥ 5 , e d'interesse nella finestra temporale 1000-2014, che sono stati utilizzati per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15.

Sulla base del database "DBMI15" non sono emersi eventi sismici significativi in Sardegna.

Che la sismicità della Regione Sardegna sia bassa, anzi bassissima, ce lo dicono molti indicatori: l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni.


Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, rari, che possono avvenire un po' ovunque; in particolare i terremoti localizzati in mare nel Tirreno Orientale, risultano piuttosto superficiali (profondità inferiori a 20 km).

Dal punto di vista della pericolosità sismica, vale a dire della probabilità di occorrenza di questi eventi, il livello è

così basso che non si riesce a valutare in maniera adeguata e affidabile. Per questi motivi si propone un valore di "default" per tutta la Sardegna di accelerazione massima pari a 0,050 g, cioè un valore di pericolosità prefissato, basso, di cautela per l'intera isola.

Il catalogo storico dei terremoti riporta, infatti, solo 2 eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5.

L'evento sismico più forte in Sardegna è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari; spaventarono la popolazione ma non fecero danni. La **Fig. 3/A** e la

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.12 di 20	Rev. 0

Tab. 3/A riassumono le massime intensità macrosismiche registrate nella Regione Sardegna con particolare riferimento al Comune di Assemini.


Comune	Lat	Lon	Imax
Assemini	39.237833°N	9.007161°E	<= 6

Tab. 3/A: Massima intensità macrosismica registrate dall'anno 1000 d.c. nel territorio Comunale di Assemini.



Fig. 3/B: Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia (Gruppo di lavoro INGV, 2004).

Per quanto riguarda la Sardegna, data la bassa sismicità dell'isola, non è stata ricostruita alcuna zona sismogenetica affidabile (Stucchi ET al., 2007).

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo Dott. Geol. M. Pilia		Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari		RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2				Data 22/11/2023	
					Fg.13 di 20	Rev. 0

4 MODELLAZIONE SISMICA

La valutazione del terremoto di progetto, cioè dell'evento sismico di riferimento rispetto al quale effettuare il dimensionamento dell'opera, può essere eseguita con metodologie diverse.

4.1 Definizione delle forme spettrali definite dalle NTC2018

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) D.M. 17 gennaio 2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", 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 su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le N. T. C. introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse N.T.C. forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (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.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle N.T.C.), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle N.T.C. hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle N.T.C., è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Per tutte le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di a_g , F_0 , T^*c uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola. I valori di tali dati sono riportati nella in **Tab. 4.1/A** (Tabella A2 delle N.T.C.).

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.14 di 20	Rev. 0

a_g	F_o	TC^*
TR=30		
0,186	2,61	0,273
TR=50		
0,235	2,67	0,296
TR=72		
0,274	2,70	0,303
TR=101		
0,314	2,73	0,307
TR=140		
0,351	2,78	0,313
TR=201		
0,393	2,82	0,322
TR=475		
0,500	2,88	0,340
TR=975		
0,603	2,98	0,372
TR=2475		
0,747	3,09	0,401

Tab. 4.1/A: Parametri spettrali della Sardegna per i diversi tempi di ritorno

4.2 Parametri del nodo sismico di riferimento

4.2.1. Parametri VN e CU

Le azioni sismiche sulle opere vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava puntualmente moltiplicando la Vita Nominale VN per il Coefficiente d'Uso CU.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$


La vita nominale di un'opera strutturale VN 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 vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella **Tab. 4.2.1/A**.

Tipi di costruzione		Vita Nominale VN (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali -Strutture in fase costruttiva	≤ 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

Tab. 4.2.1/A: Vita nominale delle opere

L'opera in progetto appartiene alle opere ordinarie e quindi con **VN ≥ 50**.

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 (**Tab. 10.2.1/B**):

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.15 di 20	Rev. 0

Classe	Descrizione
Classe I	Costruzione 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 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.

Tab. 4.2.1/B: classi d'uso

Secondo la **Tab. 10.2.1/B** l'opera ricade in **classe II "Opere ordinarie"**

Applicando la seguente formula:

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

si ottiene il periodo di riferimento. In **Tab. 10.2.1/C** sulla base delle classi d'uso, e della vita nominale e dei relativi valori di V_N e C_U , si riportano i valori di riferimento.

Vita nominale	Classe d'Uso dell'opera	Periodo di riferimento per l'azione sismica	Rif. legislativo
Opere ordinarie di importanza normale $V_N \geq 50$ anni	Classe II $C_U = 1,0$	$V_R \geq 50$	N.T.C. Tab. 2.4.I/ Istruzioni N.T.C./Decreto dal capo dipartimento della Protezione Civile nr. 3685 del 21/10/2003.

Tab. 4.2.1/C: Classi d'uso e tempi di riferimento


In relazione ai diversi stati limite si ottengono i tempi di ritorno T_R di **Tab. 4.2.1/D**

Stati limite d'esercizio SLE	SLO	$T_R = 30$ anni
	SLD	$T_R = 50$ anni
Stati limite ultimi SLU	SLV	$T_R = 475$ anni
	SLC	$T_R = 975$ anni

Tab. 4.2.1/D: valori di T_R per i diversi stati limite calcolati per $V_R \geq 50$

4.2.2. Parametri spettrali

Nella **Tab. 4.2.2/A**, per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*c , per la Sardegna estrapolati dalla Tabella A2 delle N.T.C.

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.16 di 20	Rev. 0

Stati limite		Tr	a_g/g	Fo	TC *
SLE	SLO	30	0.0186	2,61	0,273
	SLD	50	0.0235	2.67	0,296
SLU	SLV	475	0.0500	2,88	0,340
	SLC	975	0,0603	2,98	0,372

Tab. 4.2.2/A: Parametri spettrali : $V_N = 50$ anni - Classe d'Uso II

4.3 Parametri di risposta sismica locale

4.3.1. Calcolo della $V_{s,eq}$ per la definizione della categoria del suolo di fondazione

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo è fortemente raccomandata la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo di terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$. La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m, e nel terreno stratificato in esame, di spessore complessivo ancora pari a 30 m. Essa assume quindi valori differenti da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori, soprattutto in presenza di strati molto deformabili di limitato spessore. Lo scopo della definizione adottata è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili.

4.3.2. Prova MASW

Per la caratterizzazione stratigrafica e per la stima dei parametri elasto-dinamici del sito oggetto d'intervento ricadente nel Comune di Assemini, si è fatto ricorso, a dati relativi a prove eseguite in aree limitrofe a quelle di interesse.


Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il profilo stratigrafico dell'area in esame risulta pertanto compreso nella categoria di **sottosuolo C**: *Depositi a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} compresi tra 180 m/s e 360 m/s..*

4.4. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza della valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla base di analisi specifiche è possibile fare riferimento ad una metodologia semplificata basata sulle categorie di sottosuolo di riferimento (NTC 2018) e sulle categorie topografiche (NTC 2018).

- **Categoria di sottosuolo di riferimento**

In **Tab. 4.4/A**, si riportano le varie categorie di sottosuolo di riferimento.

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.17 di 20	Rev. 0

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D</i> per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tab. 4.4/A: Categorie di sottosuolo (NTC2018)

- **Condizioni topografiche**

In **Tab. 4.4/B**, è possibile osservare la classificazione dei terreni di sedime sulla base delle caratteristiche della superficie topografica.

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 e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 4.4/B: caratteristiche topografiche

4.5. Accelerazione massima attesa in superficie

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:


$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria C.

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.18 di 20	Rev. 0

Categoria sottosuolo	S_s
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 a_g/10 \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.70 F_0 a_g/10 \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 a_g/10 \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 a_g/10 \leq 1.360$

Tab. 4.5/A: Espressioni di S_s

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,0
T2	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,2
T4	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,4

Tab. 4.5/B: Espressioni di S_t

Nel caso in esame, cautelativamente, potrà essere assunto per le aree interessate dalle opere in progetto

$$\begin{aligned}
 S_s &= 1.50 && \text{(Categoria sottosuolo C)} \\
 S_t &= 1.00 && \text{(Categoria topografica T1)}
 \end{aligned}$$

4.6 Accelerazione massima attesa in superficie

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:


SS = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

ST = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria C.

L'azione sismica, in base alla quale è stato controllato il rispetto delle verifiche per gli stati limite considerati, è stata definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

In particolare 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, in relazione ad una determinata probabilità di superamento definita per ogni stato limite per il periodo di riferimento V_R. In relazione alla tipologia di costruzione e alle prestazioni richieste per questa nel suo complesso, non essendo previste espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.19 di 20	Rev. 0

- A. Nei confronti dei tutti gli stati limite di esercizio, rispettando le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI DANNO (SLD), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari al 63%
- B. Nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, rispettando le indicazioni costruttive e progettuali riportate nelle norme e le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari al 10%.
- C. In particolare, per le verifiche si assume che la struttura abbia un comportamento NON DISSIPATIVO, adottando come spettro di progetto lo spettro elastico (non introducendo alcun fattore di struttura).

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1,50 \cdot 1,00 \cdot 0,050 = 0,075 \text{ g}$$

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella seguente **Tab. 4.6/A**:


	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tab. 4.6/A: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Essendo **$A_{\max} = 0,075 \text{ g}$** ne deriva che $\beta_s = 0,20$ per cui si ha:

$$K_h = 0,20 \times 0,075 = 0,0150 \text{ g}$$

$$K_v = \pm 0,5 \times 0,0150 = \pm 0,075 \text{ g}$$

COMMITTENTE:  Viale Diaz, 86 09125 Cagliari	I Geologo	Comune di Assemini Città Metropolitana di Cagliari	RELAZIONE SISMICA DI BASE	
	Dott. Geol. M. Pilia		Data 22/11/2023	
	Riassetto della viabilità di collegamento della zona industriale di Cagliari attraverso la S.P.92 e la strada privata ex Conti Vecchi CUP: FS1807000390002 - Lotto 2		Fg.20 di 20	Rev. 0

5 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Col termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Ai sensi della Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'attuale D.M. 17/01/2018, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche. I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 6, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalla oscillazione della falda stessa. Al paragrafo 7.11.3.4 del DM 17.01.2018 è ribadito che tali analisi possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

Poiché nel nostro caso è verificata la n.1, ($a_{max} < 0,1$ g) l'analisi della liquefazione può essere omessa.

Cagliari, novembre 2023

Il geologo