

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.p.A.

DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI BOLOGNA

PROGETTAZIONE:



VIA INGEGNERIA S.R.L.
Via Flaminia Vecchia, 999
00189 Roma (RM) Italia
Tel.: +39 06 3327441 - Fax: +39 06 33219798
Email: via@via.it



Innovazioni territoriali e ricerche ambientali

INTERA S.R.L.
Viale Castrense, 8
00139 Roma (RM) Italia
Tel.: +39 06 70613211 - Fax: +39 0670399382
Email: segreteria@interasrl.it

A.A.SOGGETTO TECNICO: S.O. INGEGNERIA - DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE BOLOGNA

PROGETTO DEFINITIVO

Linea di Cintura di Bologna
Ponte sul fiume Reno al Km 8+383
Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento

Elaborati Generali

SCALA

-

Relazione Sismica

Foglio

1

di

1

PROGETTO/ANNO

SOTTOPR.

LIVELLO

NOME DOC.

PROGR.OP.

FASE FUNZ.
NO SISTEMA

NUMERAZ.

1 8 2 4 1 7

I 0 1

P D

T G - -

1 5

0 4

E 0 0 7

Revis.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima emissione	M. DI Girolamo	08/11/2019	C. Minoli	08/11/2019	M. Uccellatori	08/11/2019	E. Lolli	08/11/2019
	-	-		-		-		-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-		-		-		-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-		-		-		-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-		-		-		-	

POSIZIONE
ARCHIVIO

LINEA

L 1 0 1

SEDE TECN.


T R 4 2 3 7

NOME DOC.

T G - -


NUMERAZ.

Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

	<p align="center"> Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO </p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

INDICE

1. PREMESSA	2
2. SISMICITA'	3
2.1 Caratteri macrosismici	3
2.2 Risposta sismica locale	8

	<p align="center"> Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO </p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB


1. PREMESSA

La presente relazione esamina gli aspetti sismici in relazione alla Progettazione Esecutiva degli interventi previsti di realizzazione di una soglia in corrispondenza del ponte ferroviario sul Fiume Reno, al km 8+383 della linea ferroviaria di cintura di Bologna, e di risagomatura dell'alveo.

Il presente rapporto, relativo al progetto definitivo, viene sviluppato in base ad indagini appositamente eseguite.

L'analisi della sismicità generale e locale viene sviluppata con riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ed alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emanato il 17/1/2018.

Gli aspetti geologici e geotecnici sono discussi nella Relazione Geologica e nella Relazione Geotecnica.

	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

2. SISMICITA'


2.1 Caratteri macrosismici

In base all' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale n.1435 del 21 luglio 2003 e successivamente con la n.1164 del 23 luglio 2018, il comune di Bologna (ove è localizzato il Ponte sul Reno al Km 8+383) appartiene alla Zona Sismica 3, caratterizzata da accelerazione sismica al suolo $PGA = a/g = 0,15$ (PGA – Peak Ground Acceleration), come da tabella seguente:

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $[a_g]$	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) $[a_g]$
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g

Un'ulteriore verifica dei caratteri macrosismici dell'area può essere ricercata in un lavoro del GNDT (2004) che suddivide l'Italia in Zone Sismogenetiche (ZS9), basate su dati geologico-strutturali, tettonici e della sismicità storica; si fa qui riferimento alla zonazione ZS9 che ha rivisto la precedente edizione ZS4 (1999).

In base a tali dati il sito in esame ricade nel settore meridionale della zona sismogenetica 912, poco a nord della ZS 913 (Figura 1).

	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

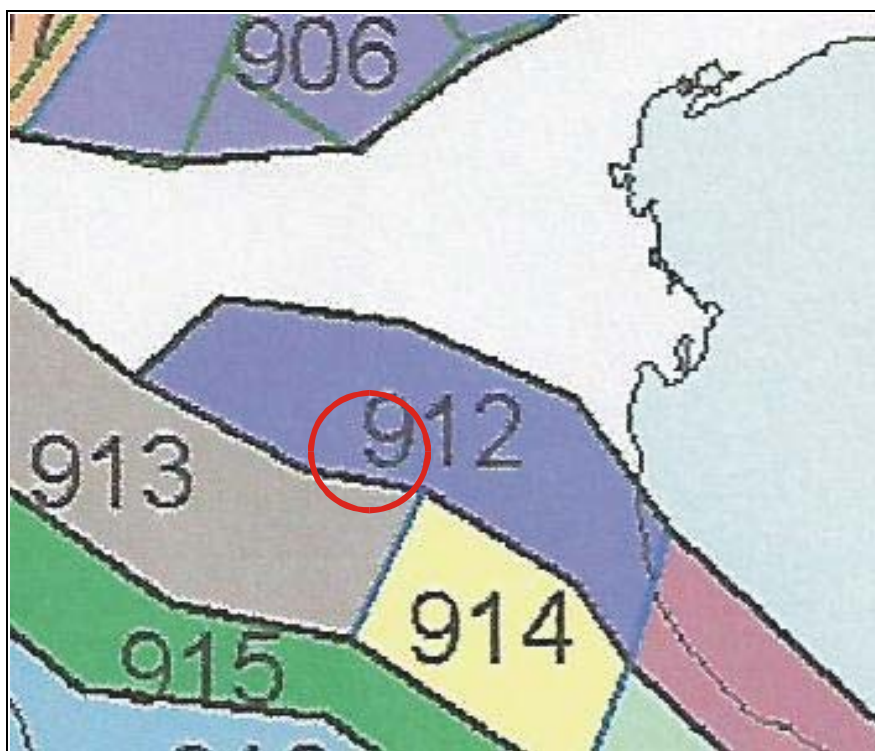



Figura 1 - Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

La Zona sismica 912 è rappresentativa della porzione più esterna della fascia di compressione dell'arco appenninico settentrionale; si riportano qui di seguito le caratteristiche sismo-genetiche della zona 912

nome ZS	Zona	Tettonica - meccanismo di fagliazione prevalente	Profondità ipocentro - Km	Magnitudo max - Mw	Magnitudo max freq - Mw
Dorsale ferrarese	912	faglia inversa	5-8	5,91	4,76

La magnitudo Mw=5,91 è quella massima segnalata, mentre il valore di Mw = 4,76 è quella massima con maggior frequenza di segnalazioni.

Dalla documentazione relativa a DISS-2 (Database of Seismogenetic Source, INGV) emerge che in corrispondenza dell'area in esame non sono presenti zone sismogenetiche, ma il sito può risentire di vicine zone sismogenetiche sepolte, legate all'orogenesi appenninica (zona di Mirandola ad ovest e di Bagnacavallo ad est); inoltre si individuano due allineamenti tettonici individuati nella struttura appenninica che convergono verso l'area in esame al di

	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

sotto dei depositi sedimentari plio-pleistocenici (allineamenti Scoltenna, Linea Val di Lama-Bologna) (Figura 2).

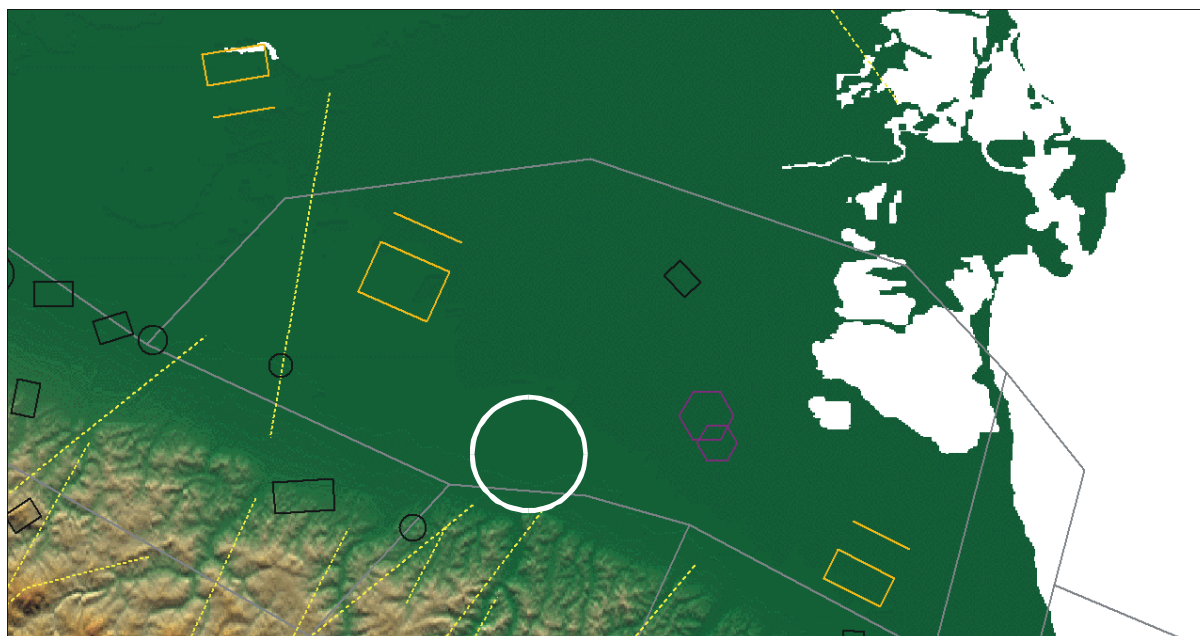



Figura 2 - Zone e strutture sismogenetiche (DISS-2, INGV)

Dalla Banca Dati del Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani (CPTI) sono indicati i maggiori terremoti segnalati nell'area: si individuano 2 epicentri nell'area in esame con magnitudo $M = 4-5$, mentre i sismi maggiori sono localizzati più a nord (area delle strutture appenniniche sepolte) ed a sud (struttura appenninica) con magnitudo $M = 5,4-6,0$ (Figura 3).

	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

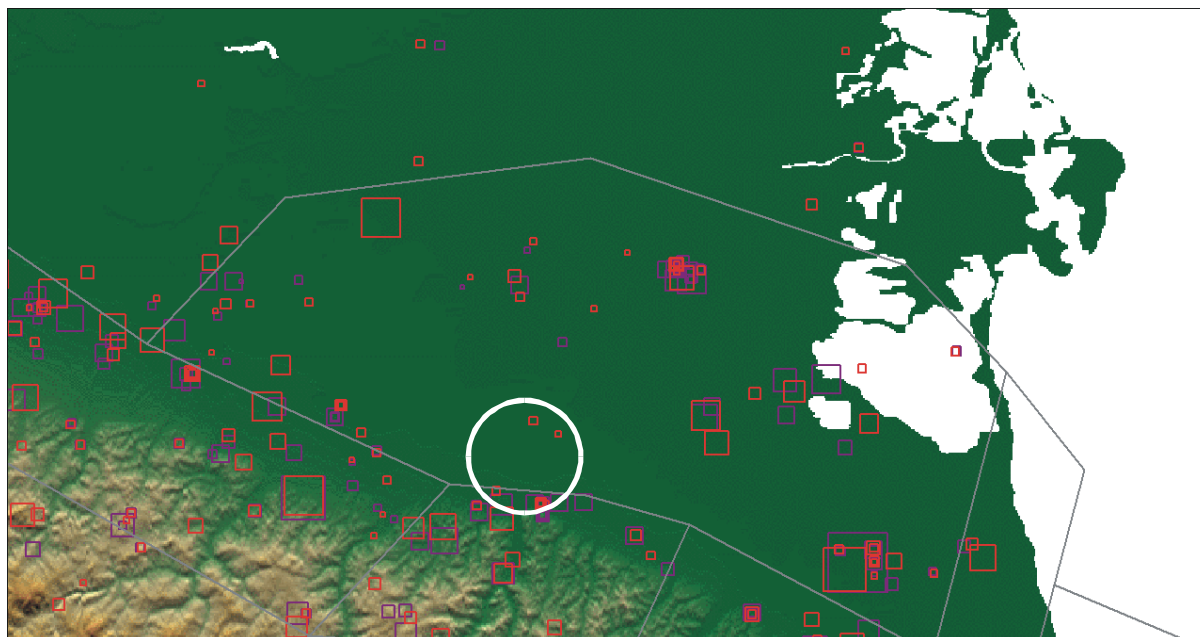
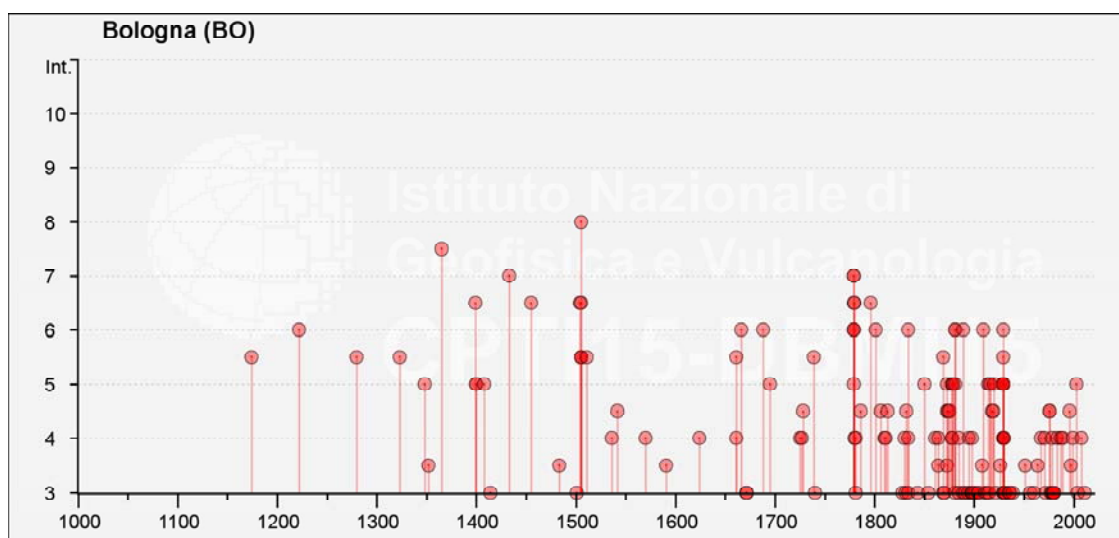



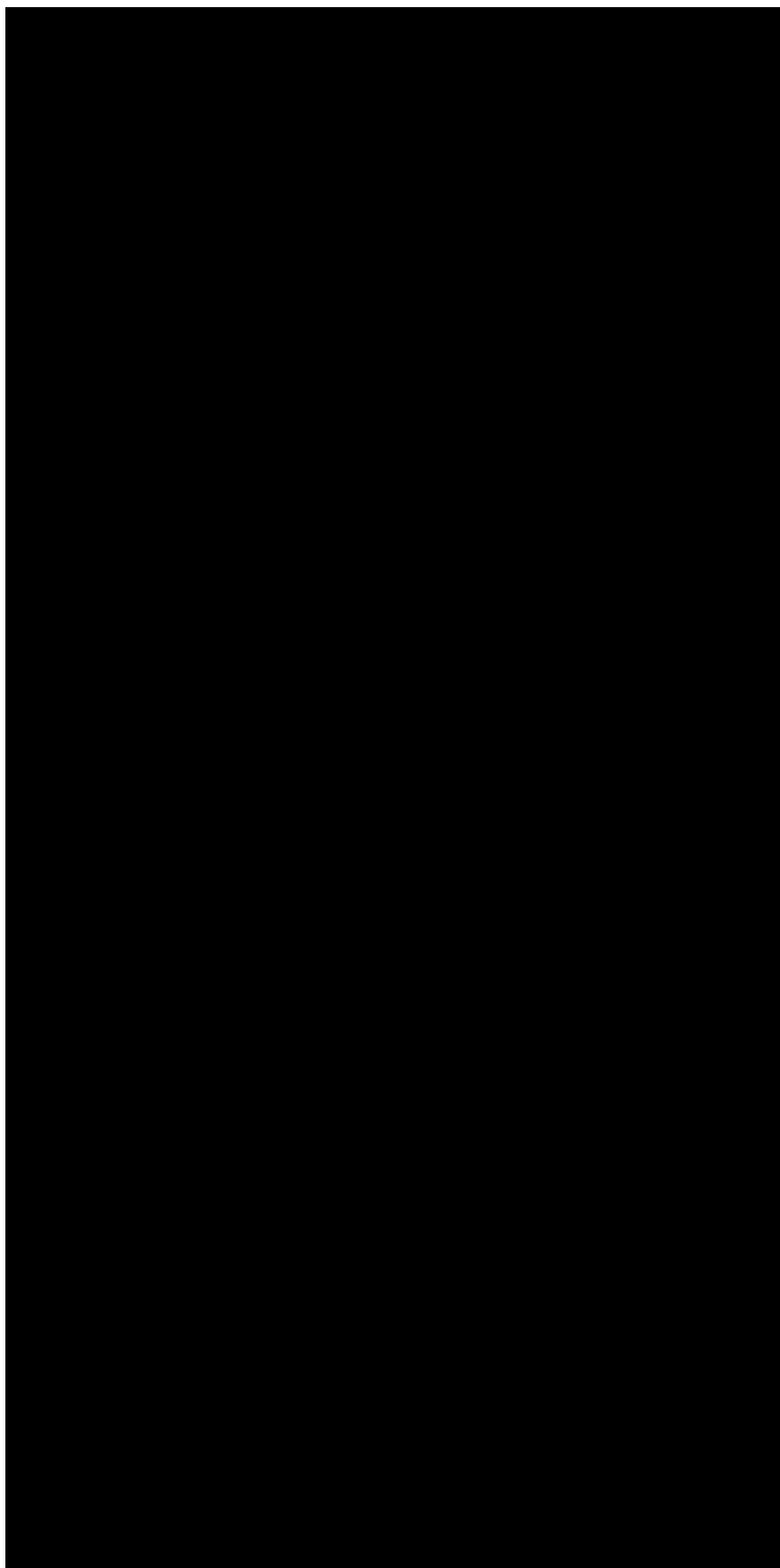
Figura 3 - Localizzazione dei sismi storici (Catalogo CPTI, INGV)


Si mostra qui di seguito in forma tabellare e grafica la storia sismica del Comune di Bologna con le Intensità Macrosismiche risentite nel comune (I_s) ed i riferimenti alle Intensità (I_o) e di Magnitudo (M_w) (Catalogo sismico DBM15, INGV).

Nel comune di Bologna sono segnalati 204 risentimenti sismici sin da XI secolo, come mostrato dal grafico seguente; la tabella di seguito allegata mostra i sismi dal 1930 ad oggi:



	<p align="center"> Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO </p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB



	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

Dall'analisi statistica della storia sismica risulta che nel Comune di Bologna sono segnalati risentimenti in relazione a sismi prevalentemente di origine appenninica, con intensità fino al IV-V grado MCS; si segnano alcuni sismi con intensità superiore (I=VII-VIII MCS) nei secoli XIV-XVIII.

2.2 Risposta sismica locale

I dati sopra riportati sono di carattere macrosismico e/o validi per l'intero territorio comunale, mentre particolare rilevanza hanno i parametri geologici, geomorfologici ed idrogeologici che determinano la pericolosità sismica locale (amplificazione sismica, liquefazione dei terreni, ecc.).


In questa sede le condizioni sismiche locali dell'area in esame sono verificate secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emanato il 17/1/2018, che prevede sostanzialmente le seguenti l'individuazione dei seguenti elementi relativi alla risposta sismica locale:

- Valutazione del fattore di amplificazione stratigrafica (**S_s**);
- Valutazione del fattore di amplificazione topografico (**S_T**);
- Valutazione del rischio di liquefazione dei terreni

A) Amplificazione Stratigrafica

Per la valutazione dell'amplificazione stratigrafica le nuove norme sismiche suddividono i diversi terreni in 5 Categorie di Sottosuolo, in relazione alla risposta sismica locale, come qui di seguito riportato:

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

	Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

	da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Non essendo presente un bed-rock rigido con $V_s > 800$ m/sec entro i primi 30 m, si valuta il valore V_{s30} , in base ai risultati delle prove DOWN-HOLE e HVSR.

La Figura 4 mostra l'andamento delle velocità delle onde di taglio V_s nelle 6 prove sismiche eseguite in corrispondenza dei 6 sondaggi geognostici ed il valore medio delle V_s .

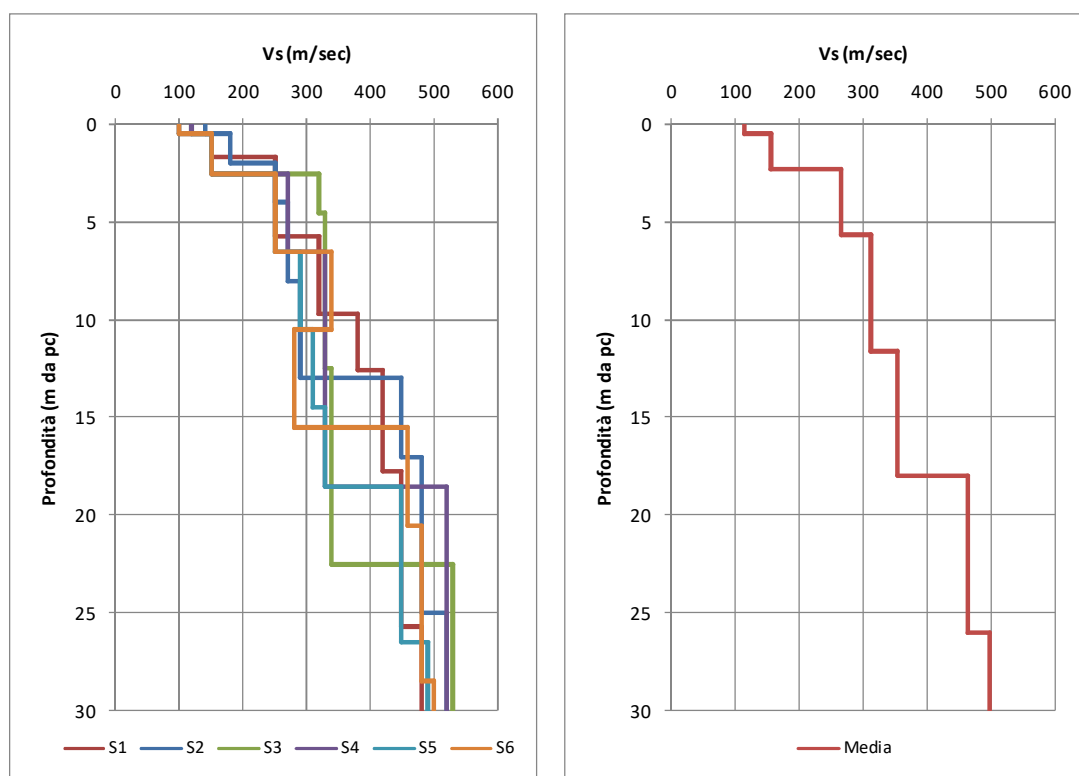



Figura 4 – Andamento dei valori di V_s nei vari sondaggi e valore medio di V_s

Tali andamenti sono omogenei lungo tutto il tratto del ponte sul Fiume Reno e rilevano valori del parametro $V_{s30} = 273\text{-}303$ m/sec, a cui corrisponde una **Categoria di Sottosuolo C**.

B) Amplificazione Topografica

	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

In base alla situazione topografica le norme vigenti individuano 4 condizioni con relativi valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T :

CATEGORIA TOPOGRAFICA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA - S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i < 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione $i > 30^\circ$	1,4

Nel caso in esame sono presenti morfologie con pendenze inferiori a 15° e pertanto si può assumere una Categoria Topografica T1, con **Coefficiente di Amplificazione Topografica $S_t = 1,0$** .


C) Liquefazione dei terreni

Problematiche relative al rischio di liquefazione dei terreni sono possibili in presenza di strati sabbiosi fini, in falda ed a profondità inferiori a 15-20 m dal p.c..

Nelle norme NTC-2018 si afferma che la probabilità che nei terreni sabbiosi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- Accelerazione massima in superficie in condizione free-field minore di 0,1g
- Accelerazione massima in superficie in condizione free-field minore di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie
 - Frazione fine CF superiore al 20% con $IP > 10$
 - $CF > 35\%$ e resistenza $N_{60} > 20$
 - $CF < 5\%$ e resistenza $N_{60} > 25$
- Distribuzione granulometrica alle zone del fuso di probabile liquefazione
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna

Fra le suddette condizioni non risulterebbe confermata quella riguardante l'accelerazione *free field* ($a_g > 0,1 = 0,15$), mentre sono presenti le condizioni di esclusione dal rischio liquefazione con riferimento agli aspetti granulometrici e di resistenza penetrometrica.

	<p align="center">Linea di Cintura di Bologna Ponte sul fiume Reno al Km 8+383 Messa in sicurezza con risagomatura, impermeabilizzazione e risanamento INTERVENTI DI RISAGOMATURA ALVEO E REALIZZAZIONE SOGLIA IN C.A. PROGETTO DEFINITIVO</p>	Redatto:
Oggetto:	Relazione Sismica	VB

Infatti, escludendo le unità limo-argillose, nei terreni granulari sono presenti percentuali di argilla $CF < 16\%$, con $IP < 13$ e soprattutto si sono misurati valori penetrometrici corretti $N_{60t} > 30$ (Figura 5).

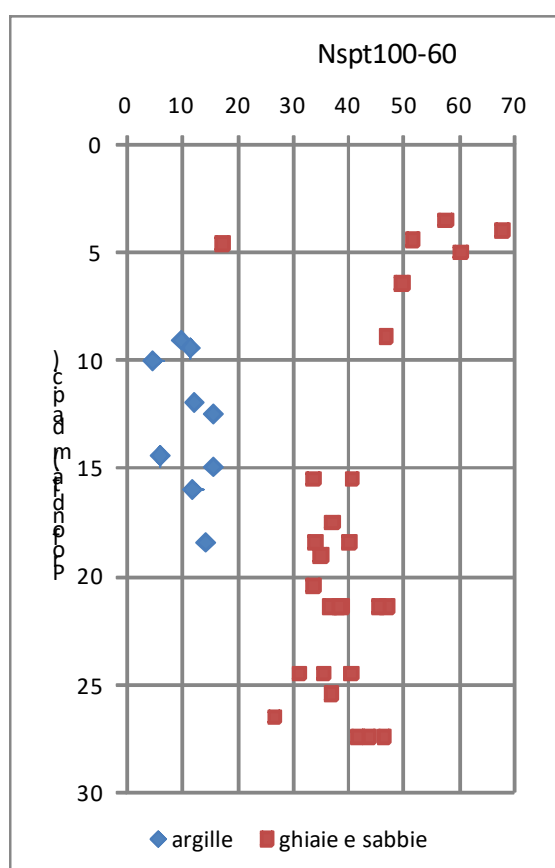


Figura 5 – valori penetrometrici N_{60} delle unità ghiaiose-sabbiose

Pertanto viene **esclusa la potenzialità alla liquefazione dei terreni** granulari (tale condizione conferma le valutazioni sviluppate nel *Rapporto delle Indagini Geognostiche* con modello di calcolo di *Andrus e Stokoe* relativo alla velocità delle onde sismiche di taglio).