

Appalto del servizio di architettura ed ingegneria per progettazione di fattibilità
tecnico-economica Linea Metrobus direttrice S. Donato (Bologna - Baricella)

CUP: C22C19000340001 - CIG: 82453863C7

b o l o g n a

BRT

RELAZIONE GEOLOGICA
IDROGEOLOGICA E SISMICA

0850P06-02040100-GRT001_E00

DATA	CODICE RELAZIONE	REV.
12/2020	0850P06-02040100-GRT001_E00	0

REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	12/2020	A. Casale	S. Eandi	M. Lelli

<u>Il Responsabile del progetto e dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche</u> Ing. Simone Eandi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, n. 1418/A (Firmato digitalmente)	<u>Il Geologo</u> Dott. Adelchi Casale Ordine dei Geologi della Regione Veneto, n. 125 (Firmato digitalmente)	<u>Il Direttore tecnico</u> Ing. Giovanni Acciaro Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, n. 21715/A (Firmato digitalmente)
---	---	---

Sommario

Relazione geologica idrogeologica e sismica	4
1 Premessa	4
2 QUADRO NORMATIVO	6
3 Opere da realizzare	7
4 LINEAMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI REGIONALI	8
4.1 Caratteri geologici regionali.....	8
4.2 Caratteri idrogeologici regionali.....	9
5 CARATTERI LITOLGICI IDROGEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA D'INTERVENTO	9
6 INQUADRAMENTO SISMICO	9
6.1 Zonazione sismotettonica.....	9
6.2 Macrozonazione sismica.....	11
6.3 Microzonazione sismica.....	19
7 CONCLUSIONI	20

Indice delle figure

Figura 1-1. Inquadramento geografico dell'area.....	5
Figura 1-2. Corografia del tracciato della Linea Metrobus AV.....	6
Figura 1-3. Corografia del tracciato della Linea Metrobus AC.....	6
Figura 4-1. Sezione Geologica.....	8
Figura 4-2. Traccia della Sezione Geologica.....	8
Figura 6-1. Zonazione sismogenetica dell'Italia centro – settentrionale.....	10
Figura 6-2. Zonazione sismogenetica, particolare.....	10
Figura 6-3. Schema neotettonico dell'area Bolognese (G.Carloni, F.Francavilla, R.Zecchi, 1978).....	11
Figura 6-4. Faglie capaci dal data base di ITHACA.....	19

Indice delle tabelle

Tabella 6-1. Classificazione della superficie topografica.....	19
Tabella 6-2. Fattori di amplificazione.....	20
Tabella 6-3. Categoria dei suoli di fondazione.....	20

Relazione geologica idrogeologica e sismica

1 Premessa

La presente relazione ha come oggetto lo studio geologico, idrogeologico e sismico preliminare eseguito nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della linea Metrobus sulla direttrice S. Donato tra Bologna e Baricella.

La realizzazione di una linea Metrobus sulla direttrice S. Donato è prevista dal Piano Urbano della Mobilità Sostenibile della Città Metropolitana di Bologna, approvato il 27/11/2019, quale elemento portante della rete del trasporto collettivo lungo la direttrice da concretizzarsi con un sistema di trasporto assimilabile a BRT (Bus Rapid Transit).

Il sistema Metrobus sulla direttrice S. Donato sarà costituito da un corridoio infrastrutturato su cui transiteranno due tipologie di servizi:

- Metrobus AV (Alta Velocità), con corse che si svilupperanno sulla relazione extraurbana Bologna-Baricella, che effettueranno servizio solo nella fermate principali, appositamente infrastrutturate per garantire alti livelli di accessibilità e confort, tempi ridotti di incarrozzamento e una dotazione di servizi propria di un sistema portante (adeguati spazi di attesa, intermodalità, informazioni in tempo reale, ecc.), e che saranno effettuati con autobus elettrici snodati da 18 m, con allestimenti interni con una quota prevalente di posti a sedere.
- Metrobus AC (Alta Capacità), con corse che si svilupperanno sulla relazione suburbana Bologna-Granarolo, che effettueranno servizio in tutte le fermate extraurbane¹, anche quelle non servite dal Metrobus AV, e che saranno effettuate con autobus elettrici snodati da 18 m, con allestimenti interni con una quota prevalente di posti in piedi.

Il corridoio percorso dalle due linee è comune nella tratta compresa tra Bologna (Capolinea Autostazione) e Granarolo. A Granarolo, il Metrobus AC si attesta al capolinea Granarolo De Rossi, sulla direttrice S. Donato, al limite nord dell'abitato, mentre il Metrobus AV prosegue fino a Baricella per attestarsi a presso il nuovo capolinea di progetto, sempre sulla direttrice principale, all'estremità nord dell'abitato².

La via di corsa delle linee Metrobus di progetto è in prevalenza coincidente con la sede stradale esistente, utilizzata in promiscuo con le altre modalità di trasporto; ciononostante sono garantite per entrambe le linee velocità commerciali elevate (superiori a 29 km/h per la AC e a 39 km/h per la AV) grazie alla realizzazione di una serie di interventi infrastrutturali localizzati, alla predisposizione di un sistema di gestione del traffico che controllerà gli impianti semaforici lungo la direttrice garantendone l'asservimento al transito del Metrobus e evitando la fermata del Metrobus AV nelle fermate minori.

I servizi delle linee Metrobus andranno a sostituire quelli delle linee del TPL extraurbano ordinario non scolastico attualmente circolanti sulla direttrice nella tratta Bologna – Baricella con un'offerta pari a 6 corse/ora per direzione nelle fasce di punta e 2 corse/ora per direzione nel resto della giornata sulla linea Metrobus AV, e pari a 4 corse/ora per direzione nelle fasce di punta e 2 corse/ora per direzione nel resto della giornata per la linea Metrobus AC.

L'attivazione del Metrobus sarà accompagnata da una rimodulazione complessiva del TPL extraurbano nel bacino interessato, finalizzata a disegnare una rete di adduzione coordinata con il sistema portante, che consenta di accedere ai servizi Metrobus anche dalle località non direttamente toccate dalla direttrice e garantisca un servizio adeguato alle fermate non servite dal Metrobus.

I comuni interessati dal tracciato sono i seguenti:

- Bologna
- Granarolo dell'Emilia
- Budrio (in minima parte)
- Minerbio
- Baricella

¹ In ambito urbano, il Metrobus AC servirà tutte le fermate attualmente servite dalle linee extraurbane.

² Una parte dei bus utilizzati per il servizio Metrobus AV effettuerà la sosta notturna presso il capolinea di Baricella Mondo Nuovo, consentendo così di avere 4 corse dirette la mattina da Mondo Nuovo a Bologna e altrettante nel pomeriggio-sera in direzione opposta.

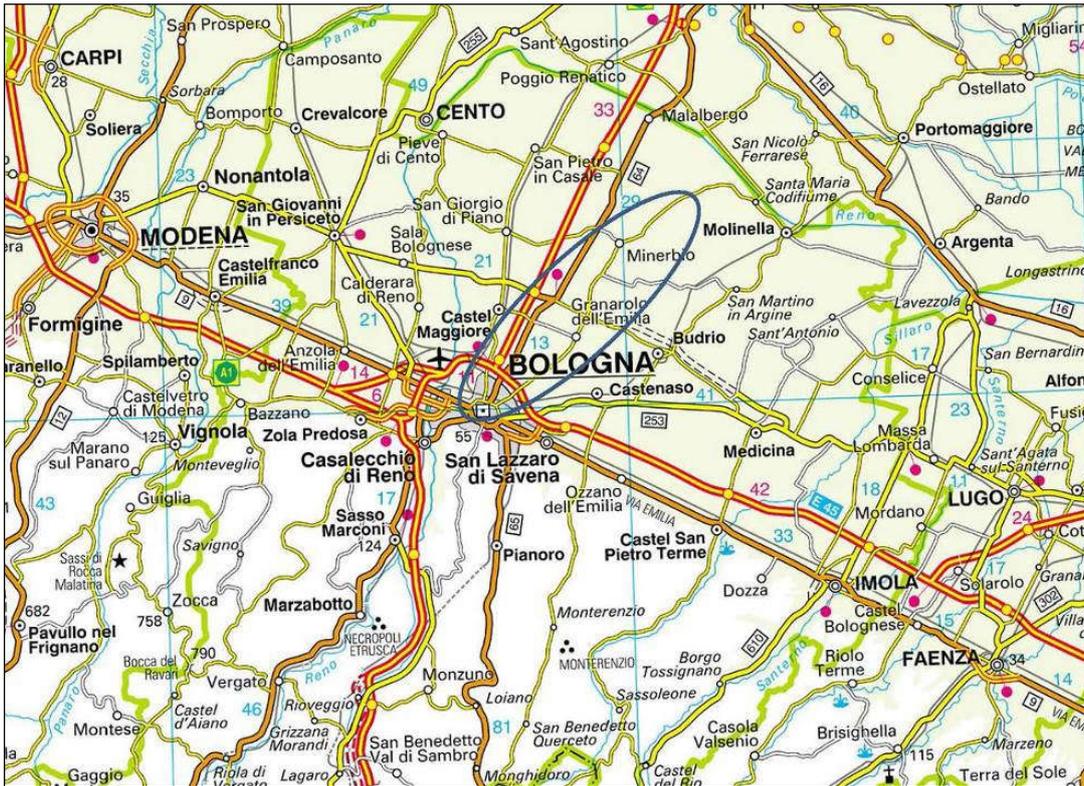


Figura 1-1. Inquadramento geografico dell'area

Le fermate previste sono le seguenti:

- Capolinea Autostazione di Bologna
- Fermata Stalingrado
- Fermata Fiera Aldo Moro
- Fermata Michelino
- Fermata Menarini
- Fermata Quarto inferiore
- Fermata Granarolo Matteucci
- Fermata Granarolo via Roma
- Fermata Granarolo
- Fermata Ramello
- Fermata Armarolo
- Fermata Cantelleria
- Fermata Minerbio
- Fermata Minerbio Canaletto
- Fermata Tintoria
- Capolinea Baricella

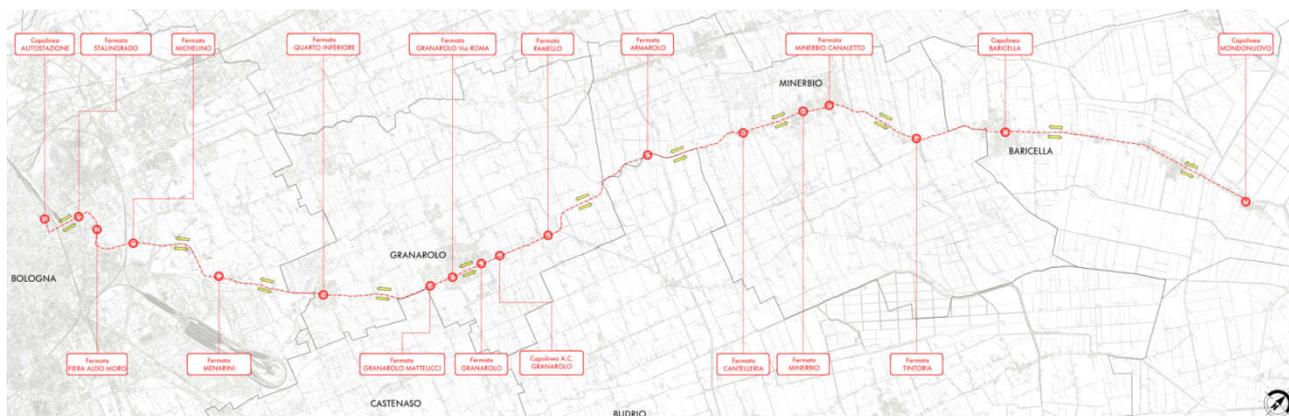


Figura 1-2. Corografia del tracciato della Linea Metrobus AV

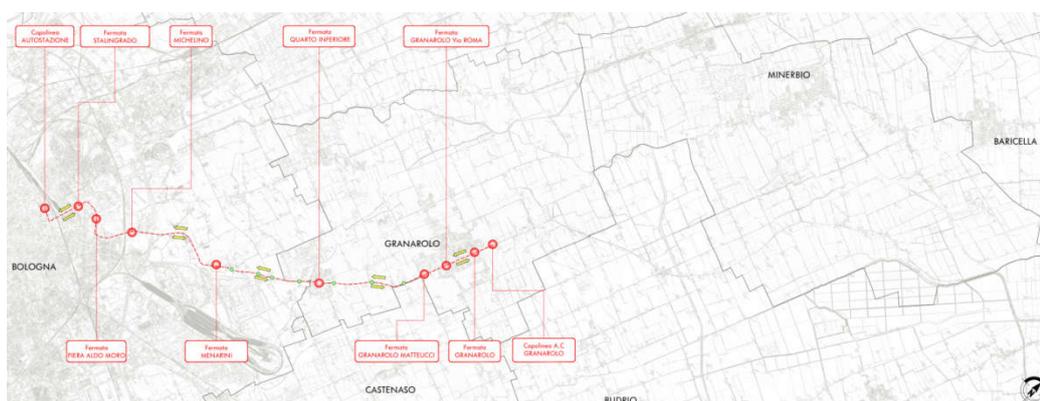


Figura 1-3. Corografia del tracciato della Linea Metrobus AC

La presente relazione inquadra l'area d'intervento sotto il profilo geologico, idrogeologico e sismico.

2 QUADRO NORMATIVO

La relazione è stata svolta considerando le correnti normative in materia:

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018"
- D.M. 20.03.2003 Nr. 3274 – Classificazione sismica territorio nazionale
- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- Raccomandazioni AGI giugno 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- DGR 1117/2000 "Direttiva Regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del Vincolo Idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli Artt. 148, 149, 150 e 151 della L.R. 21 Aprile 1999 N. 3 "Riforma del Sistema Regionale e Locale"
- D.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni
- Linee guida AGI 2005 "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica"
- UNI EN 1997-1:2005 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali"
- UNI EN 1998-5:2005 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- D.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- DAL 122/2007. Delibera dell'assemblea legislativa della regione Emilia-Romagna n. 122 del 2.5.2007: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n. 64 del 17/05/2007
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

- DGR 1373/2011 “Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1, e dell'art. 4, comma 1, della L.R. n. 19 del 2008”
- DGR 21 dicembre 2015, N. 2193 “Art. 16 della L.R. n.20 del 24.3.2000. Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla deliberazione dell’Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112”
- Delibera Regione Emilia-Romagna n. 112/2007.

3 Opere da realizzare

Le opere di infrastrutturazione del corridoio percorso dal Metrobus comprendono la realizzazione delle seguenti opere infrastrutturali:

- allestimento dei punti di ricarica dei mezzi, concentrati ai capolinea e nelle aree di deposito
- riqualificazione e allestimento secondo nuovi standard, derivati dai sistemi BRT, delle fermate Metrobus AV
- realizzazione di nuove fermate e capolinea e delle opere necessarie a garantirne l’accessibilità e l’interscambio con le altre modalità di trasporto, pubblico e privato
- realizzazione di interventi stradali finalizzati a incrementare la velocità commerciale e la sicurezza dei servizi Metrobus mediante:
 - allargamenti localizzati della sede stradale esistente al fine di consentire la realizzazione di tratti di corsia preferenziale in corrispondenza delle aree in cui risultano più pesanti gli effetti sui tempi di percorrenza della congestione stradale dovuta al traffico veicolare privato, così da garantire al Metrobus velocità commerciali più alte, rispetto agli attuali servizi di TPL, e sostanzialmente indipendente dalla fascia oraria;
 - interventi sulla regolazione delle intersezioni stradali al fine di annullare o ridurre significativamente i perditempo per il superamento delle stesse da parte dei mezzi Metrobus, tra cui:
 - asservimento degli impianti semaforici
 - riorganizzazione delle corsie di canalizzazioni
 - riorganizzazione delle fasi semaforiche
 - protezione mediante impianti semaforici di tutti gli attraversamenti pedonali e/o ciclabili sul percorso della Linea Metrobus AV; gli impianti semaforici a protezione degli attraversamenti, sia esistenti che di progetto, saranno asserviti al transito dei mezzi Metrobus
 - realizzazione, per le fermate in ambito extraurbano ove le condizioni al contorno lo permettano, di golfi di fermata esterni alle corsie di marcia e di impianti semaforici asserviti, atti a garantire una pronta e sicura reimmissione dei mezzi Metrobus nella corsia di marcia dopo la sosta in fermata
- predisposizione di sistema tecnologico ITS a supporto del servizio Metrobus e articolato in:
 - sottosistema di bordo, installato su ciascun mezzo Metrobus
 - sottosistema di terra distribuito lungo il tracciato in corrispondenza delle fermate, delle tratte preferenziate, delle intersezioni e degli attraversamenti semaforizzati, dei capolinea
 - rete di interconnessione per la trasmissione dei dati
 - centrale operativa
 - sistema di gestione del traffico, infomobilità e sicurezza
- specifici interventi finalizzati alla intermodalità, quali:
 - realizzazione di spazi di sosta per biciclette, moto e auto private, nelle immediate adiacenze delle fermate Metrobus e dedicati all’interscambio con i servizi di TPL
 - predisposizione di postazioni dei servizi di bike-sharing già attivi nell’ambito metropolitano in corrispondenza di fermate del Metrobus
 - integrazione della fermata Michelinò nel Centro di Mobilità del Terminal Fiera, capolinea della futura Linea Rossa del tram di Bologna
- predisposizione delle aree di deposito per il materiale rotabile e loro attrezzaggio (compresa costruzione dei fabbricati di servizio necessari)

4 LINEAMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI REGIONALI

4.1 Caratteri geologici regionali

La pianura emiliano-romagnola è il risultato del riempimento del Bacino Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini, avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte.

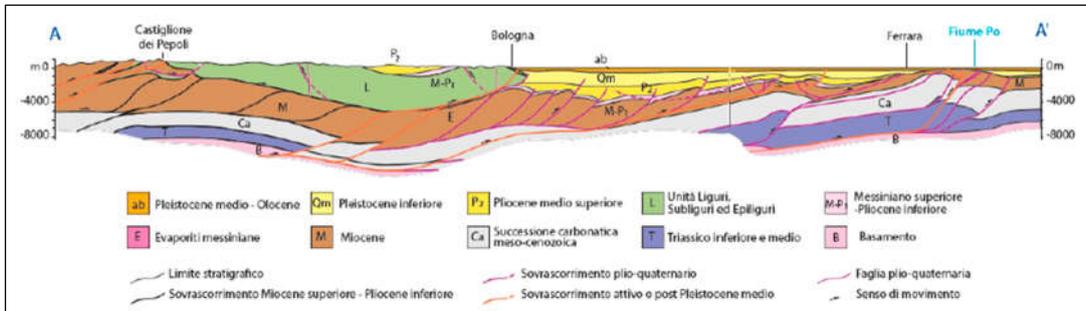


Figura 4-1. Sezione Geologica

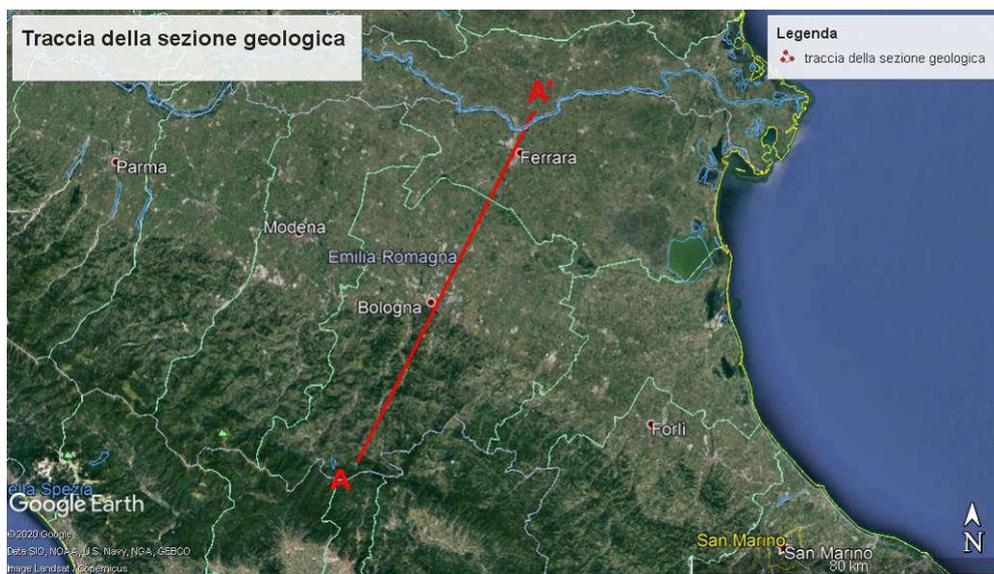


Figura 4-2. Traccia della Sezione Geologica

In particolare nel settore di pianura sono presenti due archi di accavallamenti, in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NO-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinali, associate a piani di scollamento ed accavallamento (thrust) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinclinali fortemente subsidenti.

Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un cuneo sedimentario fluvio-deltizio, ricoperto al tetto da depositi continentali. Tale riempimento non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza e movimenti ridotti delle strutture compressive.

Si possono distinguere due sintemi deposizionali legati ai sollevamenti tettonici regionali:

- SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO (affiorante nella fascia collinare)
- SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

L'organizzazione verticale delle facies di questi sintemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, legata alla forza di trasporto dei fiumi.

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo, è composto da due unità principali: una unità inferiore, detta “Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore” ed un’unità superiore detta “Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore”, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica, individuata in affioramento e seguita nel sottosuolo tramite l’interpretazione dei profili sismici.

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sul Supersistema Quaternario Marino, risalente al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni paralici e marini, che si sono depositati al di sopra di una estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale.

4.2 Caratteri idrogeologici regionali

L’edificio sedimentario alluvionale ospita un sistema acquifero sotterraneo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono in stretta relazione con le caratteristiche granulometriche dei depositi: ai depositi argilloso-limosi può essere attribuita una permeabilità bassa ($k = 10^{-6} \div 10^{-8}$ cm/s), mentre i depositi ghiaiosi presentano una permeabilità elevata ($k = 10^{-1} \div 10^{-3}$ cm/s), localmente ridotta dalla presenza di significative percentuali di matrice fine.

Ogni unità è separata da quelle adiacenti attraverso livelli scarsamente permeabili o impermeabili arealmente continui, che ne determinano l’isolamento idraulico.

Ne consegue che i flussi idrici si propagano principalmente con componente parallela alle superfici di strato e solo secondariamente con componente ortogonale e di conseguenza i flussi possono essere considerati necessariamente confinati all’interno della medesima unità.

Il limite della circolazione idrica sotterranea è costituito dall’Acquitardo Basale, rappresentato dalla formazione impermeabile plio-pleistocenica delle Argille Azzurre affiorante nella fascia di margine appenninico.

5 CARATTERI LITOLOGICI IDROGEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL’AREA D’INTERVENTO

Dai dati di repertorio si può dedurre che i terreni interessati dal tracciato siano prevalentemente argillosi con intercalazioni di lenti sabbiose e limose.

E’ prevedibile una notevole variabilità dei depositi sia in senso orizzontale che verticale, in fase di progettazione più avanzata sarà quindi necessario ed indispensabile progettare e portare a termine un’esauritiva campagna di indagini geognostiche e geofisiche mirata in base alle opere che saranno previste, una volta definito in maniera univoca il tracciato e le opere da realizzare.

Da un sondaggio ubicato a circa 1.700 m a Nord dell’Autostazione di Bologna vengono confermate le previsioni con presenza di terreni argillosi con alternanze di livelli sabbiosi e limosi. La soggiacenza della falda è stata misurata a 2 m di profondità dal piano di campagna.

Geomorfologicamente l’area lungo il tracciato è pianeggiante e l’altimetria degrada leggermente da SW verso NE con un dislivello di approssimativamente 37 metri.

L’unico corso d’acqua attraversato (a parte piccoli canali irrigui) è il Canale Emiliano Romagnolo che essendo di origine antropica non ha contribuito alla sedimentazione dei terreni.

6 INQUADRAMENTO SISMICO

6.1 Zonazione sismotettonica

Il territorio nazionale risulta suddiviso in 42 zone-sorgente. I territori comunali interessati dal progetto ricadono prevalentemente nelle zone 912, 913 e 914.

La Zona sismogenetica 912 denominata “Dorsale Ferrarese” rappresenta la fascia più esterna della fascia in compressione dell’arco appenninico settentrionale con la presenza di alcune importanti linee sismotettoniche ed all’interno della quale, al di sotto di spesse coltri di sedimenti alluvionali, sono presenti imponenti strutture compressive.

La zona 913 denominata “Appennino Emiliano- Romagnolo” è una fascia di transizione nella quale convivono meccanismi di fagliazione diversi, essenzialmente compressivi a Nord-Ovest e distensivi a Sud-Est. La zona 914 denominata “Forlivese” è motivata dalle peculiari caratteristiche di rilascio della sismicità (nella fattispecie la frequenza degli eventi).

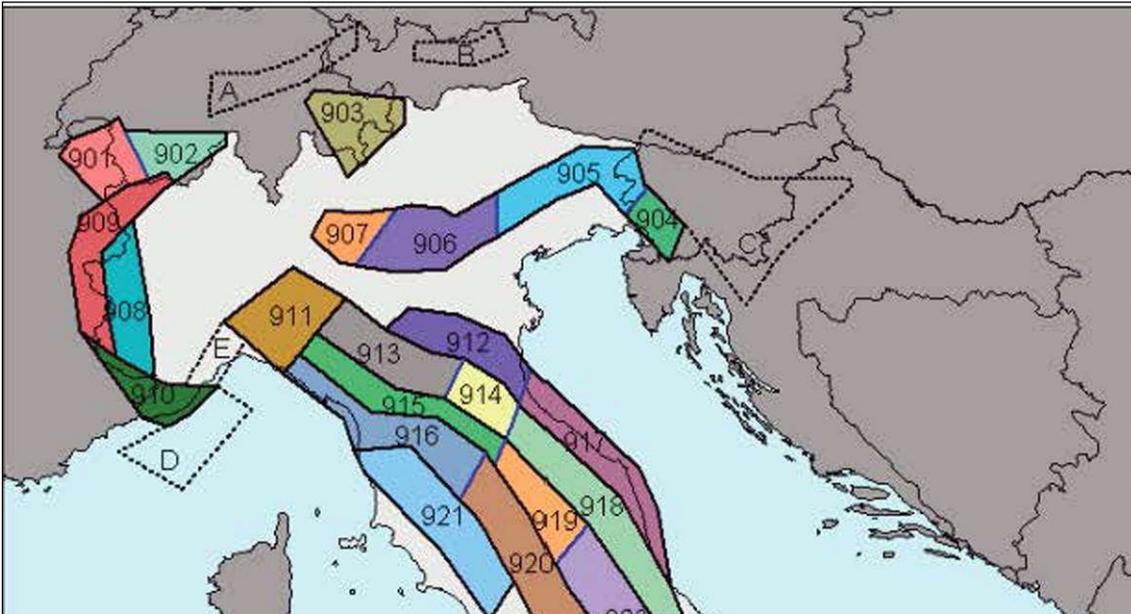


Figura 6-1. Zonazione sismogenetica dell'Italia centro – settentrionale

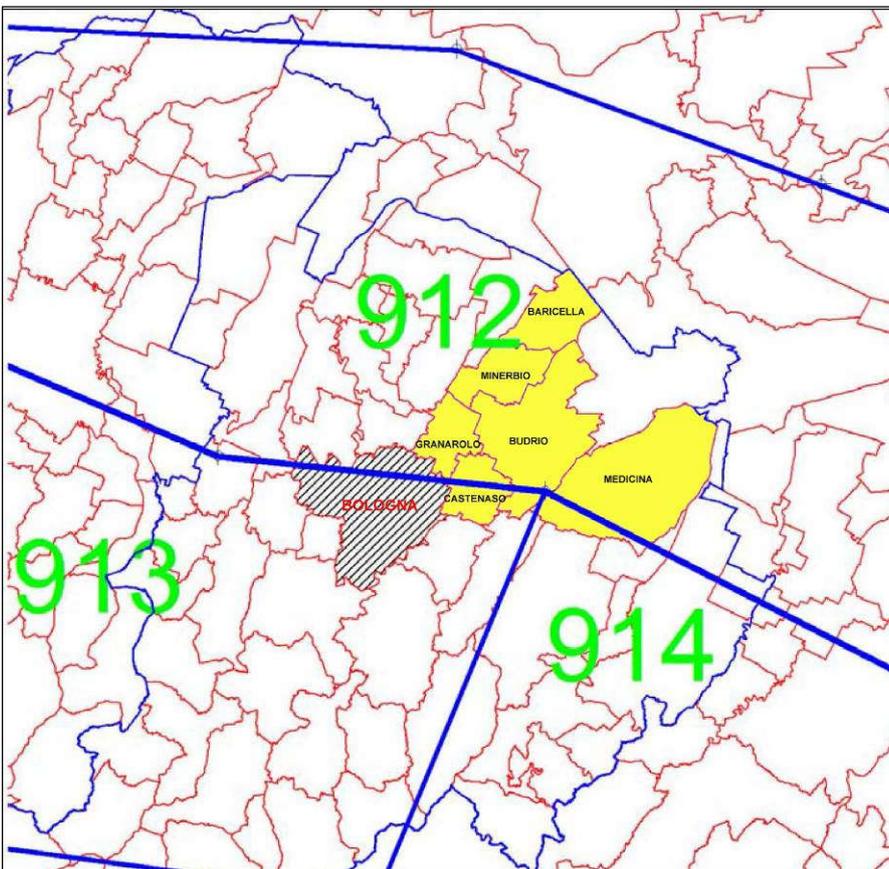


Figura 6-2. Zonazione sismogenetica, particolare

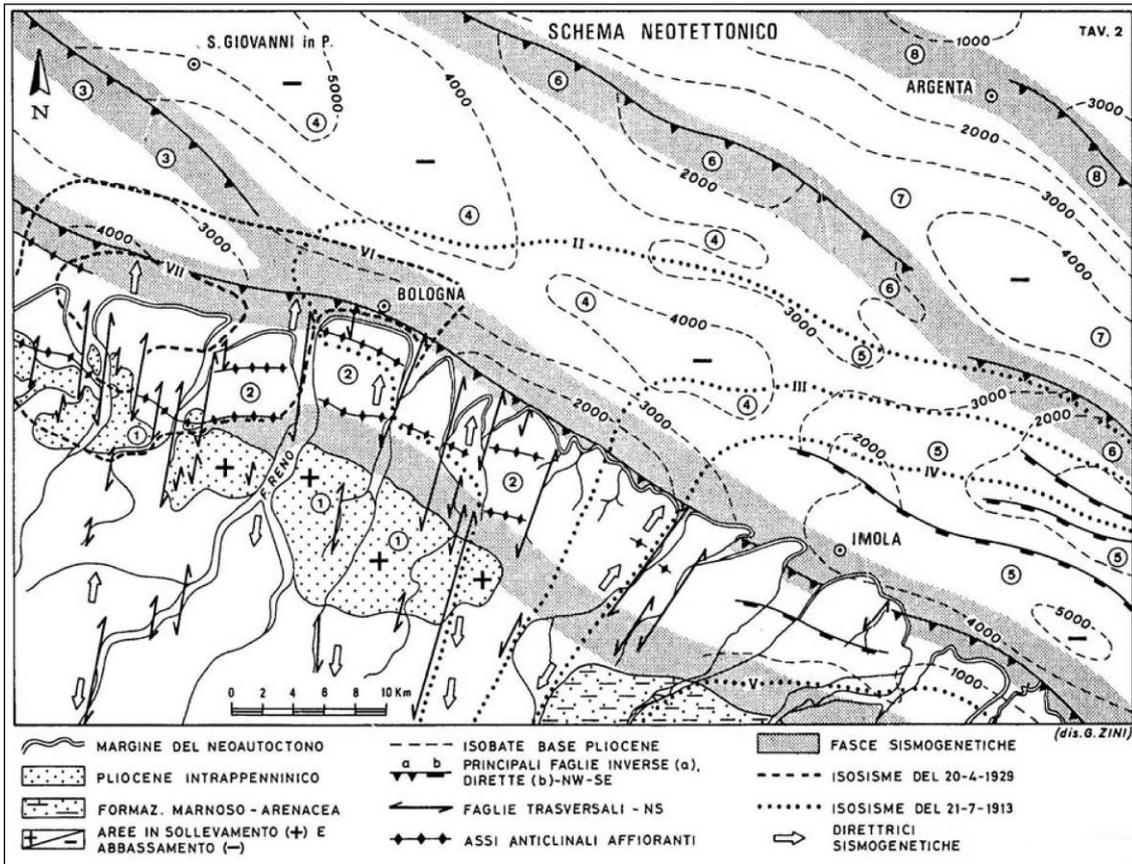


Figura 6-3. Schema neotettonico dell'area Bolognese (G. Carloni, F. Francavilla, R. Zecchi, 1978)

6.2 Macrozonazione sismica

Secondo la nuova normativa sismica presente nel D.M. 14.01.2008 si deve far riferimento alla locazione delle opere come schematizzato nell'immagine seguente, dove sono visualizzati i vertici del reticolo nazionale e l'ubicazione dell'area di progetto, in questo caso specifico si sono scelti due punti e cioè il punto di partenza (Autostazione di Bologna) ed il capolinea (Fermata di Baricella):





Si sono ricavate le coordinate dei due punti ed in base a queste si è ricavata l'accelerazione orizzontale massima prevista sui suoli rigidi con i vari tempi di ritorno.

Vengono di seguito rappresentati i valori precalcolati relativi ai vertici sismici considerati.

AUTOSTAZIONE BOLOGNA			Tr=30			Tr=50			Tr=72			Tr=101			Tr=140		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c
16730	11,3170	44,5150	0,528	2,48	0,26	0,655	2,49	0,27	0,760	2,48	0,28	0,872	2,48	0,29	1,006	2,46	0,29
16731	11,3880	44,5160	0,533	2,48	0,26	0,663	2,48	0,27	0,770	2,48	0,28	0,884	2,47	0,29	1,021	2,46	0,29
16952	11,3190	44,4650	0,548	2,48	0,26	0,682	2,48	0,27	0,787	2,49	0,28	0,904	2,47	0,28	1,038	2,46	0,29
16953	11,3890	44,4660	0,556	2,47	0,26	0,696	2,46	0,27	0,805	2,48	0,28	0,926	2,46	0,28	1,066	2,45	0,29
			Tr=201			Tr=475			Tr=975			Tr=2475					
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c			
16730	11,3170	44,5150	1,184	2,41	0,29	1,637	2,41	0,31	2,106	2,44	0,31	2,819	2,46	0,32			
16731	11,3880	44,5160	1,200	2,41	0,29	1,670	2,41	0,31	2,132	2,45	0,31	2,890	2,45	0,32			
16952	11,3190	44,4650	1,209	2,44	0,29	1,668	2,38	0,31	2,105	2,41	0,32	2,736	2,47	0,33			
16953	11,3890	44,4660	1,241	2,43	0,29	1,709	2,38	0,31	2,157	2,41	0,32	2,801	2,47	0,33			

BARICELLA			Tr=30			Tr=50			Tr=72			Tr=101			Tr=140		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c
16067	11,5230	44,6690	0,460	2,48	0,26	0,578	2,49	0,27	0,691	2,45	0,28	0,820	2,54	0,27	0,961	2,56	0,27
16068	11,5930	44,6700	0,454	2,48	0,26	0,575	2,48	0,27	0,685	2,46	0,28	0,813	2,55	0,27	0,955	2,57	0,27
16289	11,5240	44,6190	0,486	2,46	0,26	0,600	2,50	0,27	0,711	2,48	0,28	0,846	2,46	0,28	0,987	2,50	0,28
16290	11,5950	44,6200	0,484	2,46	0,26	0,595	2,51	0,27	0,716	2,45	0,28	0,852	2,45	0,28	0,991	2,51	0,27
			Tr=201			Tr=475			Tr=975			Tr=2475					
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c			
16067	11,5230	44,6690	1,123	2,58	0,27	1,592	2,58	0,28	2,115	2,52	0,28	2,992	2,44	0,30			
16068	11,5930	44,6700	1,119	2,58	0,27	1,589	2,59	0,27	2,113	2,52	0,28	2,990	2,44	0,30			
16289	11,5240	44,6190	1,159	2,54	0,28	1,638	2,56	0,28	2,156	2,51	0,28	3,023	2,44	0,30			
16290	11,5950	44,6200	1,156	2,55	0,28	1,634	2,57	0,28	2,155	2,51	0,28	3,027	2,44	0,30			

Le due aree prese in considerazione ricadono nei territori comunali di Bologna e di Baricella. Introducendo i valori delle coordinate si ricavano le tabelle sottoesposte.

UBICAZIONE	ZONA SISIMICA	LATITUDINE	LONGITUDINE	a_g (TR=475 anni)
AUTOSTAZIONE	2	44,503975	11,346814	0,166
BARICELLA	2	44,644859	11,530779	0,161

Autostazione di Bologna

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

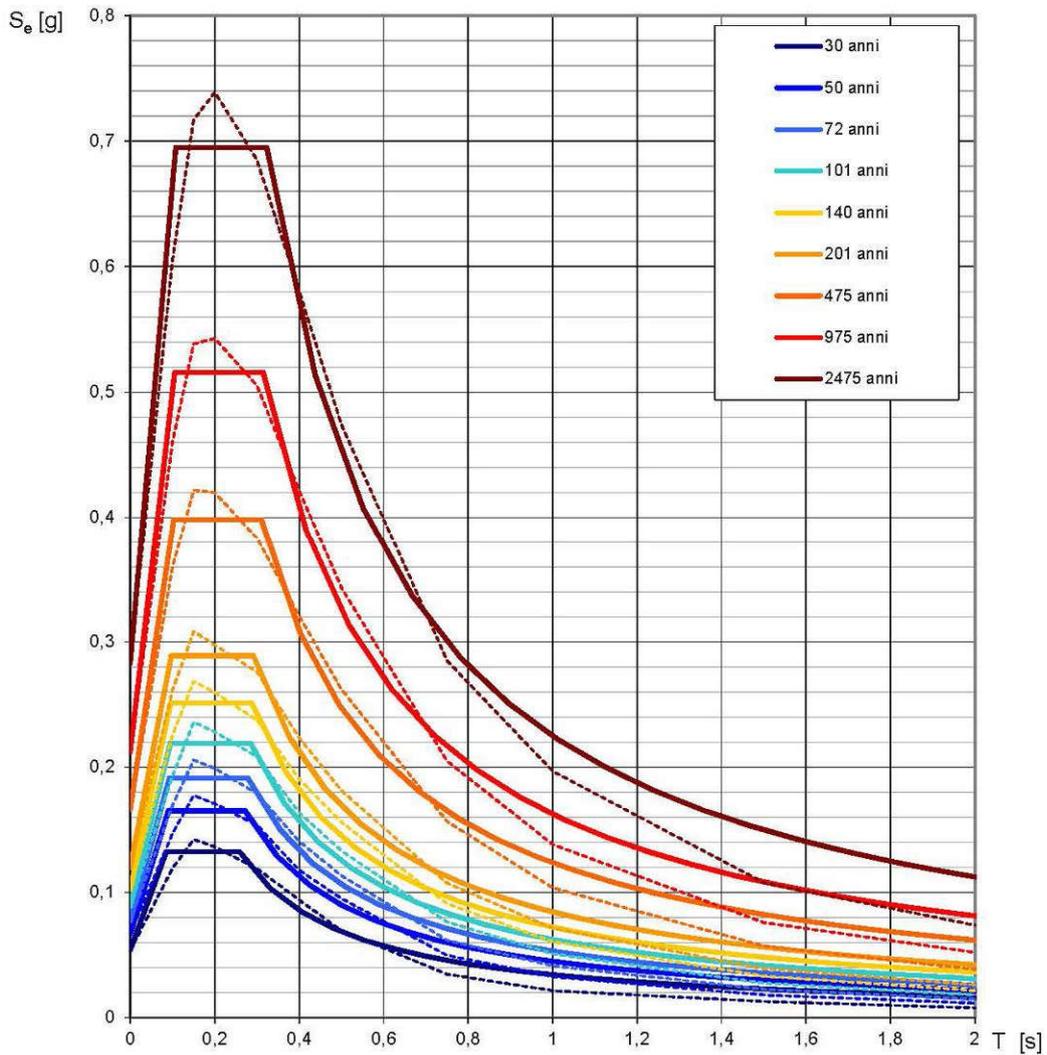
FASE 2

FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,053	2,478	0,258
50	0,066	2,481	0,272
72	0,077	2,482	0,278
101	0,089	2,473	0,285
140	0,102	2,459	0,288
201	0,120	2,412	0,292
475	0,166	2,402	0,310
975	0,212	2,433	0,315
2475	0,283	2,458	0,323

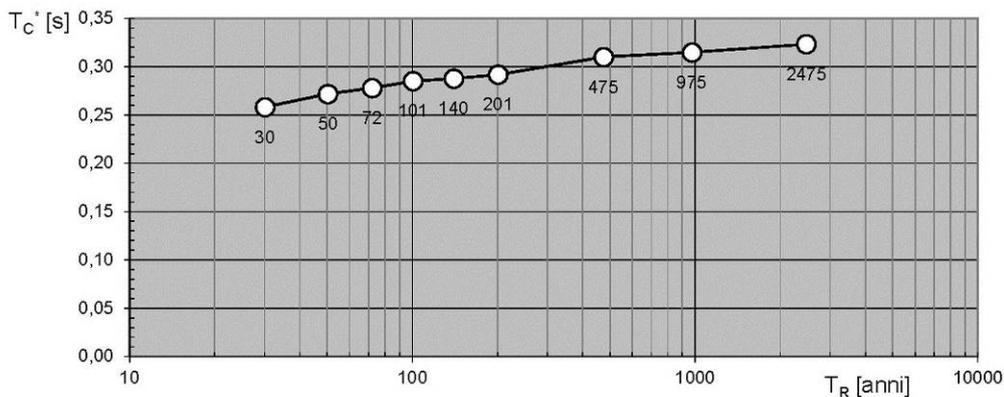
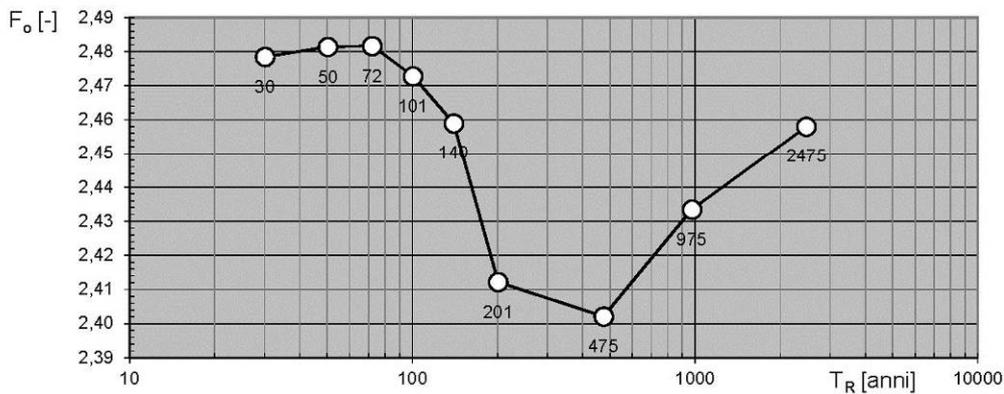
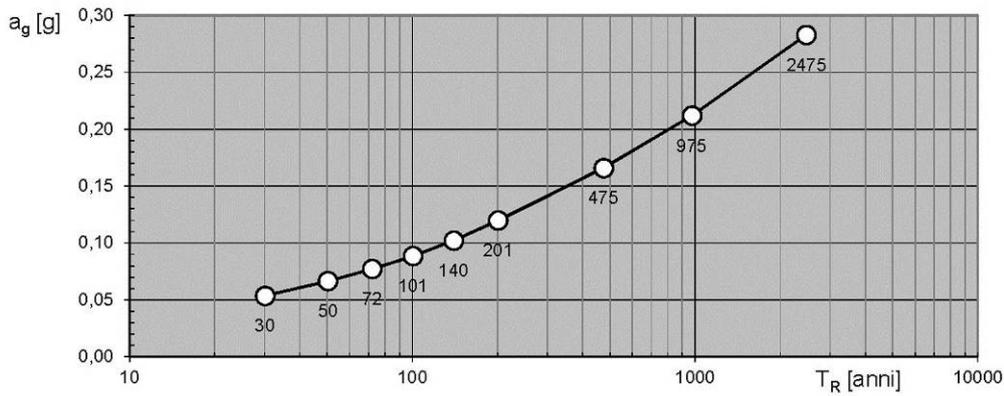
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Capolinea di Baricella

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito

INTRO

FASE 1

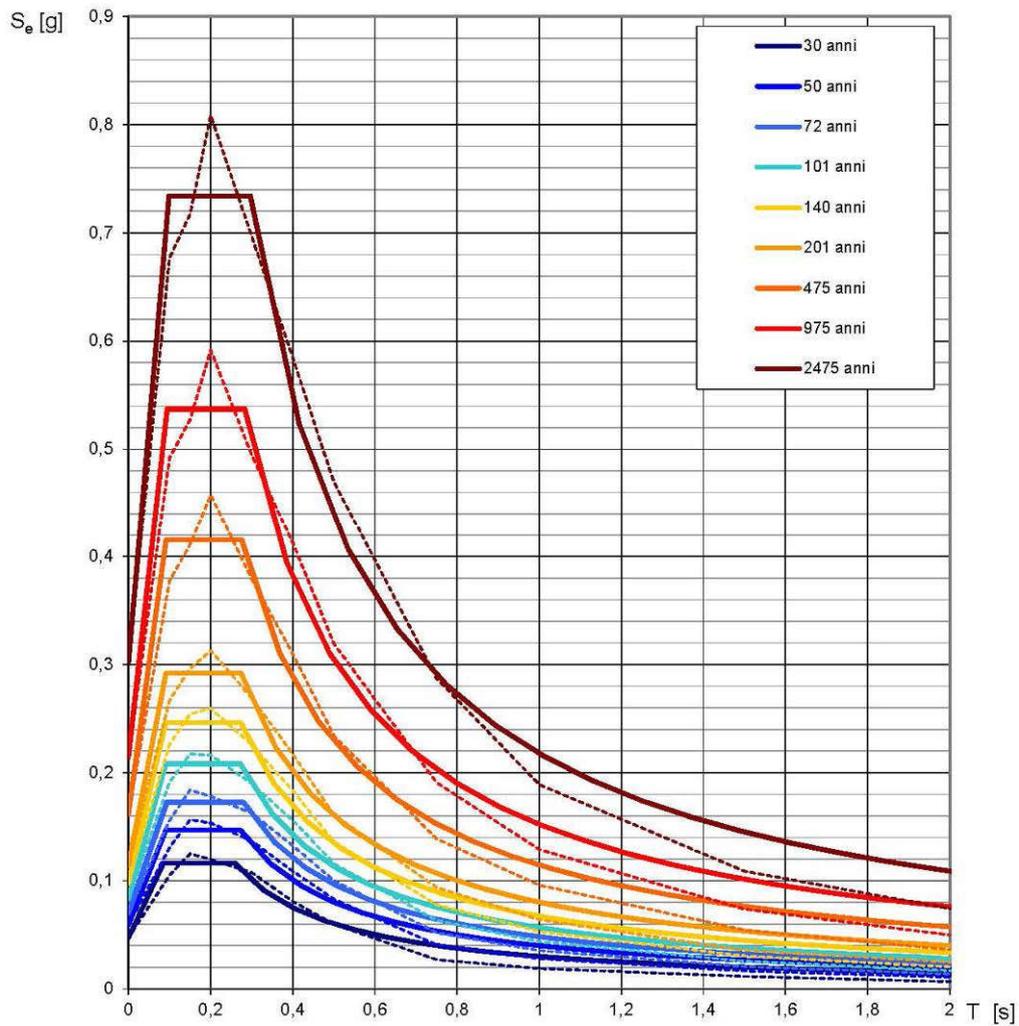
FASE 2

FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

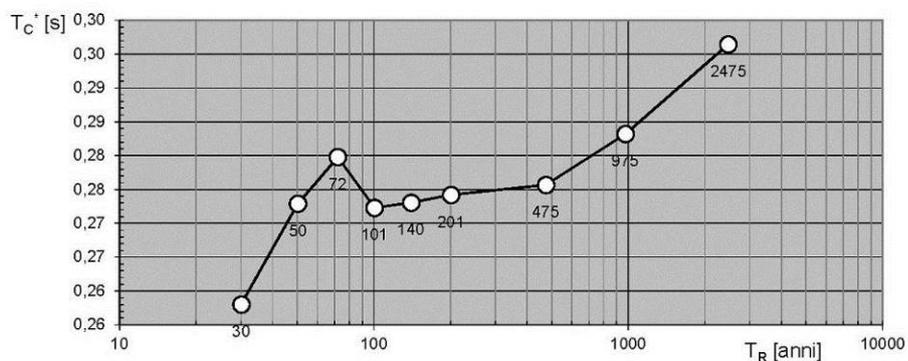
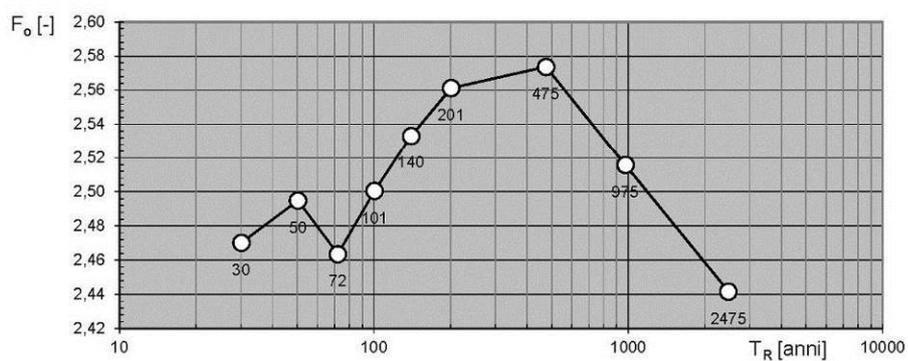
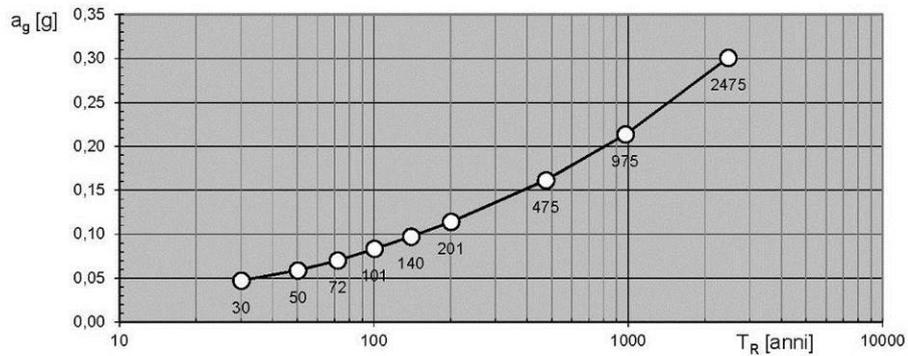
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,047	2,470	0,258
50	0,059	2,495	0,273
72	0,070	2,464	0,280
101	0,083	2,501	0,272
140	0,097	2,533	0,273
201	0,114	2,561	0,274
475	0,161	2,574	0,276
975	0,213	2,516	0,283
2475	0,301	2,442	0,296

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Come si può vedere il valore dell'accelerazione orizzontale su suoli rigidi con un tempo di ritorno di 475 anni è variabile tra 0,166 e 0,161 g, in leggera diminuzione procedendo da Sud verso Nord.

Dalla tabella di seguito rappresentata, prendendo in considerazione il valore ricavato dell'accelerazione orizzontale prevista, il rischio sismico risulta essere medio-alto e ci si va a posizionare nella parte bassa della zona 2^a.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

zona 1^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$ag_{,475} \geq 0,25g$
zona 2^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$0,25g > ag_{,475} \geq 0,15g$
zona 3^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$0,15g > ag_{,475} \geq 0,05g$
zona 4^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$ag_{,475} < 0,05g$

6.3 Microzonazione sismica

6.3.1 Effetti di campo vicino

La zona in esame è ubicata tra più faglie capaci, come si può vedere dall'immagine seguente. Quindi questo tipo di amplificazione dovrà essere preso in considerazione nella progettazione strutturale.

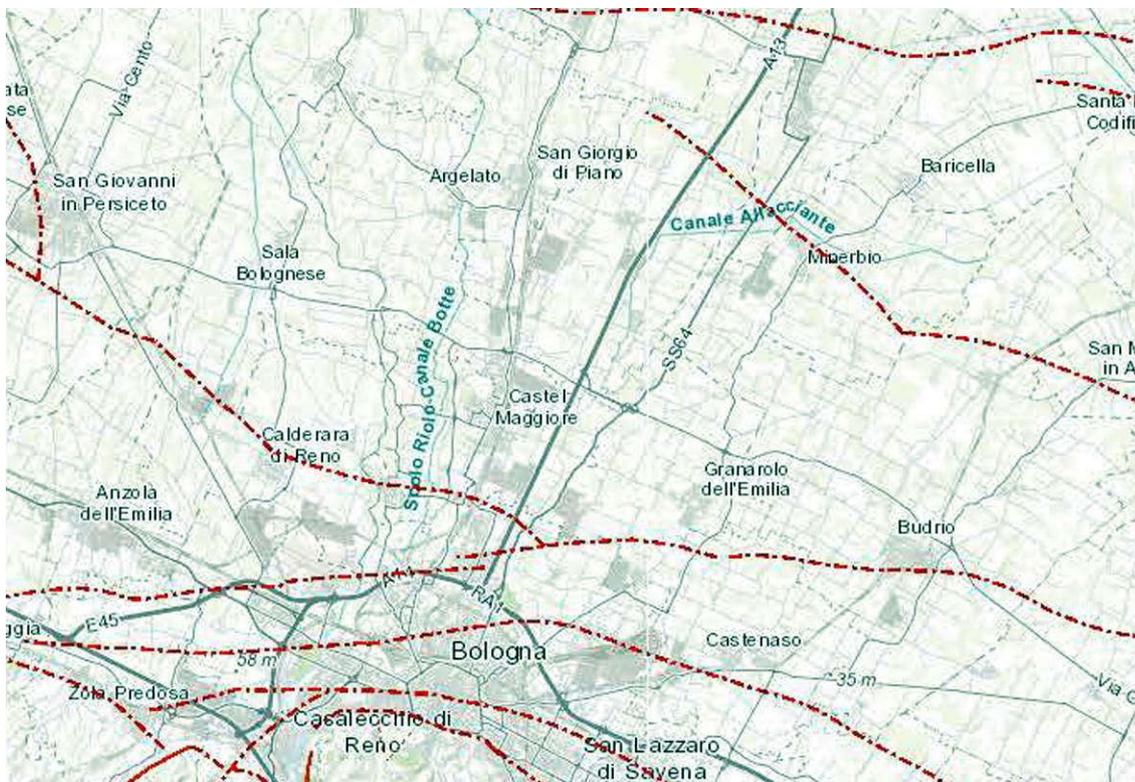


Figura 6-4. Faglie capaci dal data base di ITHACA

6.3.2 Effetti di sito – amplificazione topografica

La zona è pianeggiante, di conseguenza questo tipo di amplificazione può ragionevolmente essere trascurato. Come evidenziato nelle tabelle seguenti.

Tabella 6-1. Classificazione 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 $i > 30^\circ$
NTC 2017 - categorie topografiche	

Tabella 6-2. Fattori di amplificazione

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	ST
T1		1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4
NTC2018 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST		

6.3.3 Amplificazione stratigrafica – categoria dei suoli di fondazione

Al momento non si è in possesso di nessun dato puntuale atto a determinare la $V_{s,30}$ e di conseguenza la categoria dei suoli di fondazione può essere unicamente stimata.

Da dati derivanti da progetti realizzati in zone limitrofe si può azzardare di attribuire i suoli di fondazione alla categoria "C".

Tabella 6-3. Categoria dei suoli di fondazione

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	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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 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>Depositati 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 per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

7 CONCLUSIONI

Dallo studio geologico, idrogeologico e dal materiale di repertorio è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- il sottosuolo dell'area in esame è costituito prevalentemente da depositi alluvionali recenti con alternanze di terreni prevalentemente a granulometria fine (argille a tratti limose) con incluse lenti sabbiose e limose. La parte più superficiale, di spessore variabile, è rappresentata da riporti antropici;
- in base ai dati di repertorio si prevede una soggiacenza della falda a non grandi profondità, dell'ordine dai 2 ai 5 m indicativamente;
- dal punto di vista del rischio sismico ci si trova in un'area definibile a medio-alto rischio con accelerazione orizzontale su suoli rigidi con un tempo di ritorno di 475 anni compreso tra 0,161 e 0,166 g;
- Dal punto di vista geologico non si ravvisa nessun impedimento alla realizzazione delle opere di progetto, sarà comunque necessaria e indispensabile, in fase di progettazione più avanzata, l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche mirate.