



OGGETTO: Procedimento unico in variante alla pianificazione urbanistica vigente ai sensi dell'art. 53, comma 1 lettera a) per la riqualificazione del Parco in Piazzale Carso.

Elaborato "VU_Relazione Sismica"

VU_Relazione Sismica

(STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA)

valutazioni ai sensi dell'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica di cui agli Artt. 22 e 49 L.R. N. 24/2017

Settore Urbanistica
Dott. Geol. Luca Bellani
(documento firmato digitalmente)



Comune di Rimini

Direzione Generale
Dipartimento Pianificazione e Gestione Territoriale
Settore Urbanistica

Via Rosaspina, 21 - 47923 Rimini
tel. 0541 704698
PEC: dipartimento3@pec.comune.rimini.it
www.comune.rimini.it
c.f.-p.iva 00304260409



SOMMARIO

1. Normativa e raccomandazioni di riferimento	4
2. Premessa e inquadramento territoriale	5
3. Microzonazione sismica	7
3.1 Introduzione	7
3.2 Primo livello di approfondimento	8
3.2.1 Carta geologico-tecnica	9
3.2.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni	12
3.2.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali	13
3.3 Secondo livello di approfondimento	14
3.3.1 Carta delle velocità delle onde di taglio $S (V_S)$	15
3.3.2 Carte di microzonazione sismica	17
3.3.2.1 Carta isopotenziale di liquefazione	18
3.3.2.2 Carte dei fattori di amplificazione	19
3.3.2.3 Carte della distribuzione sul territorio dei valori di $H_{SM} H_{0408} H_{0711} H_{0515}$	27
4. Conclusioni	32



1. Normativa e raccomandazioni di riferimento

- Circolare della Giunta Regione Emilia-Romagna prot. N. 1288 del 11/02/83: "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali";
- Nota della Provincia di Rimini prot. N. 9426 del 27/02/08: "Analisi geologiche di supporto alla pianificazione urbanistica attuativa (P.P. e P.U.A.)";
- Presidenza del consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile (2008): "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica";
- Deliberazione della Giunta Regionale N. 630 del 29/04/2019: "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r. n. 24/2017)";
- Deliberazione della Giunta Regionale N. 476 del 12/04/2021: "Aggiornamento dell'Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017) di cui alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630";
- Deliberazione della Giunta Regionale N. 564 del 26/04/2021: Integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017)";
- Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (2018): "Microzonazione sismica - standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 4.1";
- Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (2022): "Microzonazione sismica - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni, versione 2.0";

2. Premessa e inquadramento territoriale

Il presente allegato illustra in maniera sintetica gli studi di microzonazione sismica effettuati dall'Amministrazione Comunale ai sensi della D.G.R. 476/2021 e D.G.R. 564/2021. Questi elaborati rappresentano un riferimento necessario al procedimento di variante in quanto, in materia sismica, ai fini della predisposizione e dell'approvazione degli atti di pianificazione territoriale e urbanistica devono essere osservate le prescrizioni indicate dall'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49 L.R. N. 24/2017). L'elaborato viene quindi predisposto esclusivamente per supporto al procedimento in variante alla pianificazione vigente. L'area in esame è raffigurata di seguito tramite uno stralcio dell'ortofoto 2023-2024 della Regione Emilia-Romagna (Fig. 1).

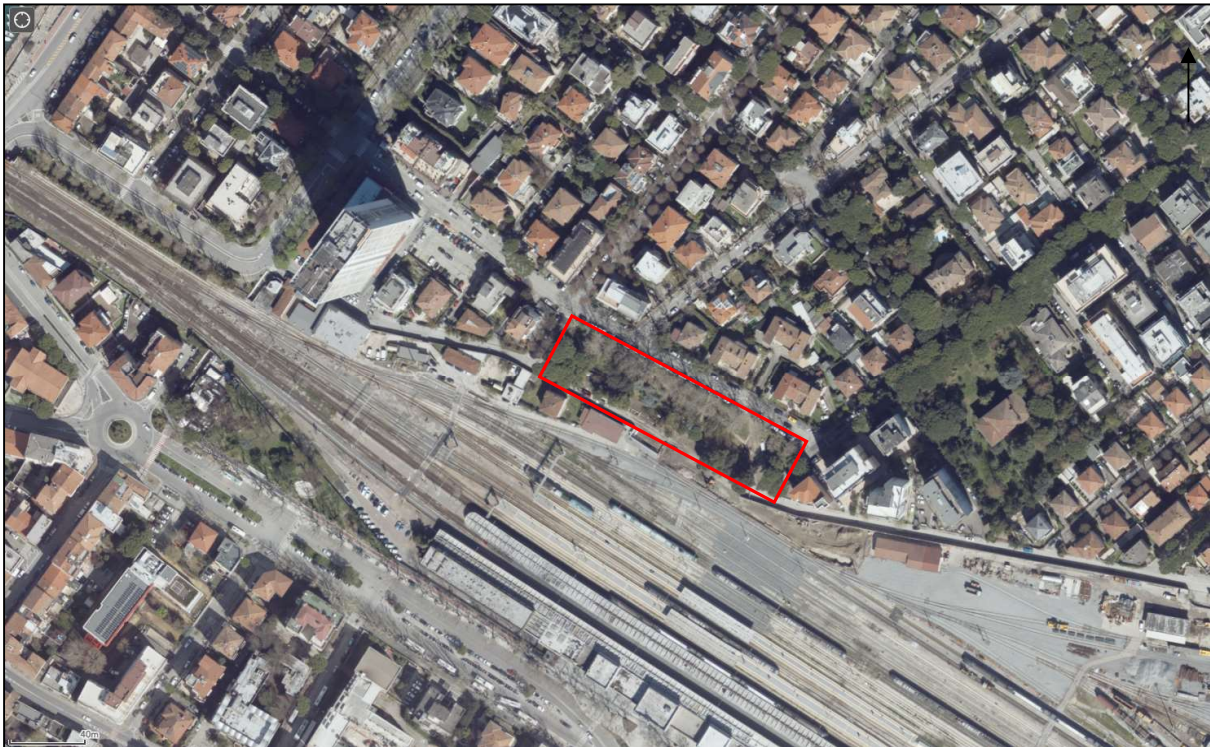


Figura 1 - Stralcio dell'ortofoto 2023-2024 della Regione Emilia-Romagna. Il rettangolo rosso indica l'area in esame.

Il progetto in esame risulta compatibile con la strumentazione sovraordinata (P.T.C.P.) e con quella comunale vigente (P.S.C.). L'approvazione dello stesso determinerà però variante agli elaborati di R.U.E., introducendo un perimetro che identifica l'area oggetto del procedimento unico ex art.53 L.R. 24/2017 e definendo una specifica scheda d'ambito (si rimanda alla relazione urbanistica per una trattazione di dettaglio). Di seguito è riportato uno stralcio delle tavole 1.5 e 1.8 del R.U.E. per inquadramento territoriale dell'area oggetto di variante (Fig. 2) e per indicazione del perimetro di progetto (Fig. 3).

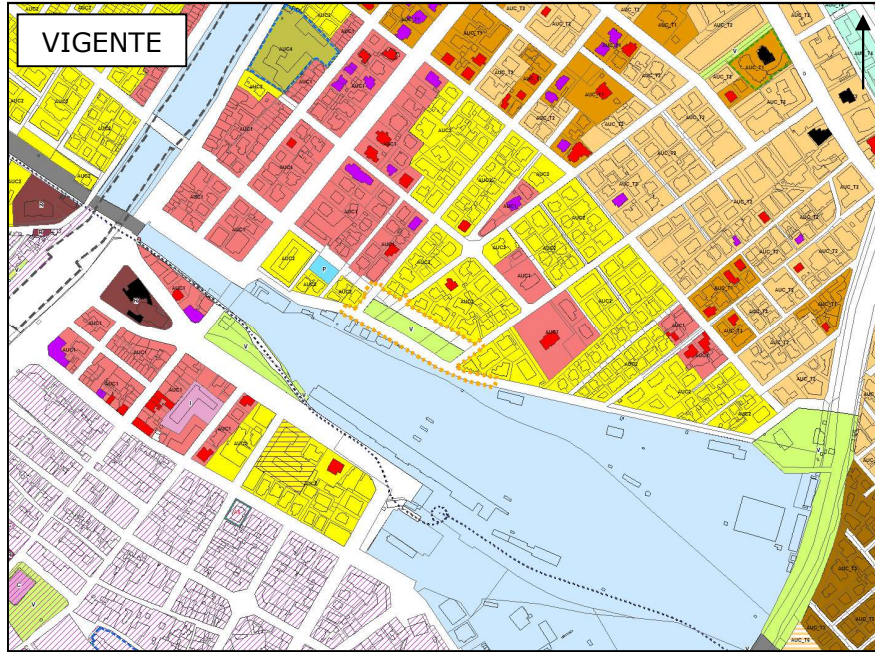


Figura 2 – Stralcio della tavola 1.5-1.8 di R.U.E. Il tratteggio arancio indica il perimetro oggetto del procedimento unico ex art. 53 L.R. 24/2017.

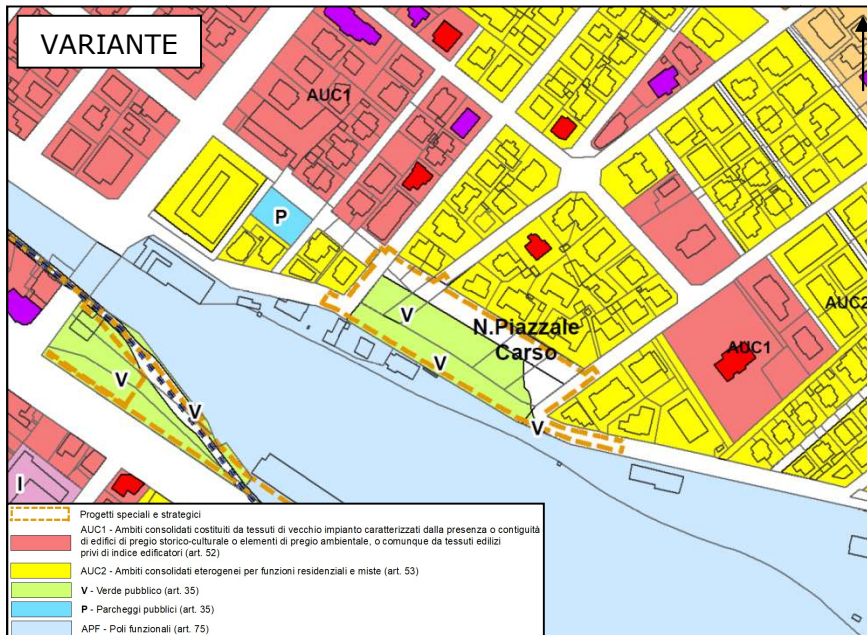


Figura 3 – Stralcio della tavola 1.5-1.8 di R.U.E. Il tratteggio arancio indica, nel dettaglio, il perimetro oggetto del procedimento unico ex art. 53 L.R. 24/2017. L'area verde indicata con: "V" raffigura la nuova area a verde pubblico.



3. Microzonazione sismica

3.1 Introduzione

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale). La microzonazione sismica è pertanto un efficace strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico, in particolare se realizzato e applicato fino dalle prime fasi di pianificazione urbanistica, in quanto consente di indirizzare le scelte urbanistiche verso aree a minore pericolosità sismica e/o fornire indicazioni per scelte progettuali che tengano adeguatamente conto delle condizioni di pericolosità sismica locale. Gli studi di microzonazione sismica prevedono diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. In particolare si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento:

- Prima fase di analisi: diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ...);
- Seconda fase di analisi: diretta a definire la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase (primo livello di approfondimento), nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

- a) un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento);
- b) un'analisi approfondita (terzo livello di approfondimento).

L'analisi semplificata si ritiene sufficiente nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico. L'analisi approfondita è invece richiesta per la definizione di indici di rischio negli areali che presentano le caratteristiche elencate al paragrafo 2.1, lettera c) della D.G.R. 564/2021 (Fig.4), specificamente individuati dalla cartografia della pericolosità sismica locale predisposta dai piani di area vasta e recepita nel quadro conoscitivo dei piani urbanistici comunali.

- c) le aree da indagare con un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) sono riferite agli ambiti (individuati sempre dalla cartografia della pericolosità sismica locale di area vasta di prima fase) che presentano le seguenti situazioni:
- c) 1. aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
 - c) 2. aree di versante instabili e potenzialmente instabili;
 - c) 3. aree con rapide variazioni della profondità del *bedrock* sismico, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;
 - c) 4. aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte).

Figura 4 - Areali da indagare con analisi approfondita (terzo livello di approfondimento) (da D.G.R. 564/2021).



Quanto richiesto dall'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (D.G.R. 476/2021; D.G.R. 564/2021) è stato assolto dallo studio recentemente prodotto dal Comune di Rimini (II e III livello di approfondimento), il cui collaudo da parte del Dipartimento della Protezione Civile di Roma è stato approvato dalla Regione Emilia-Romagna in data 28/11/2022. Come indicato dallo studio appena citato l'area in esame risulta compresa nella fascia costiera potenzialmente soggetta al fenomeno della liquefazione. Viste le caratteristiche geologiche e geotecniche il sito ricade quindi nelle aree da indagare con analisi approfondita (III livello di approfondimento).

3.2 Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha la finalità di individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica; definire il tipo di effetti attesi; indicare (per ogni area) il livello di approfondimento necessario; descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo (dilitologia, stratigrafia, tettonica e geometria) per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica. Questo livello, in particolare, richiede la produzione dei seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle indagini: tutte le prove devono essere classificate in base alla tipologia e profondità raggiunta;
- Carta geologico-tecnica: devono essere rappresentati gli elementi geologici e morfologici locali d'interesse per l'analisi della pericolosità sismica, in particolare quelli che possono modificare il moto sismico in superficie;
- Carta delle frequenze naturali dei terreni: devono essere riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore del picco più significativo nell'intervallo 0,2÷20 Hz, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale f_0 , e di altri picchi significativi o indicazione dell'assenza di picchi);
- Carta delle aree suscettibili di effetti locali: carta delle *Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*, (M.O.P.S. degli I.C.M.S., 2008). In questa cartografia devono essere chiaramente indicate, a scala dettagliata, anche le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari.

3.2.1 Carta geologico-tecnica

Questa carta ha la finalità di suddividere le unità geologico-litotecniche distinte per spessori limitati, di copertura. La seguente Fig. 5 riporta uno stralcio relativo alla carta geologico-tecnica prodotta per l'area in esame. Come è possibile notare i terreni di copertura appartengono alla classe SCpi (sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla di piana inondabile).

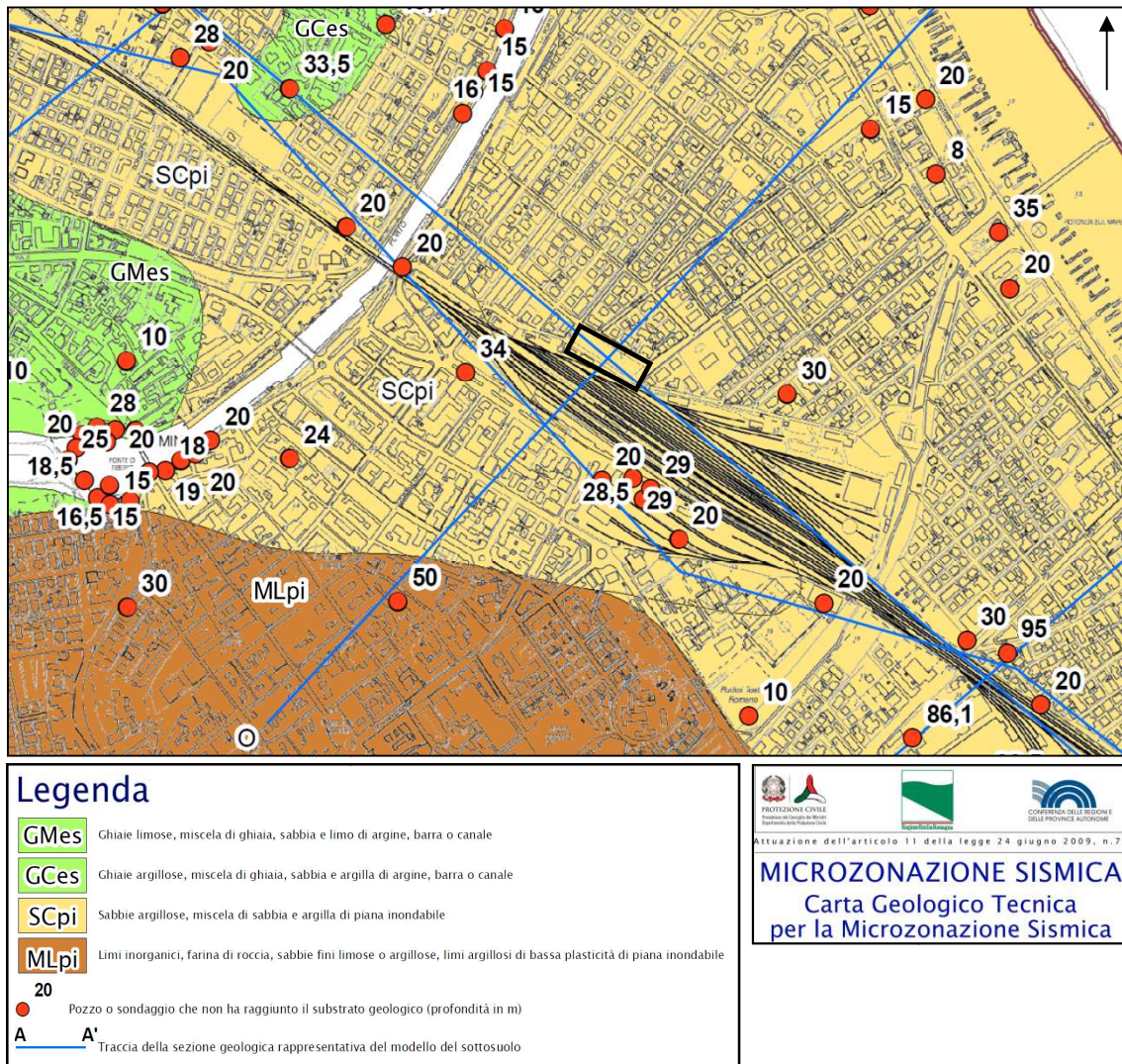


Figura 5 - Stralcio della carta della carta geologico-tecnica associata all'area in esame (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero.

A supporto delle valutazioni stratigrafiche relative allo studio di Microzonazione Sismica si evidenzia la compatibilità con quanto emerso dalle indagini geologiche utilizzate da RFI a supporto del sinergico progetto di prolungamento e riqualificazione del sottopasso centrale della stazione di Rimini. Considerando la scala comunale del primo studio citato (M.S.) la successione risulta infatti sovrapponibile, con particolare riferimento al livello di sabbie riscontrato entro i primi metri da p.c. dalle diverse indagini. Si riporta di seguito la sezione stratigrafica O-O' adottata dallo studio di Microzonazione Sismica (Fig. 6) e quella ricostruita da RFI (Fig. 7).

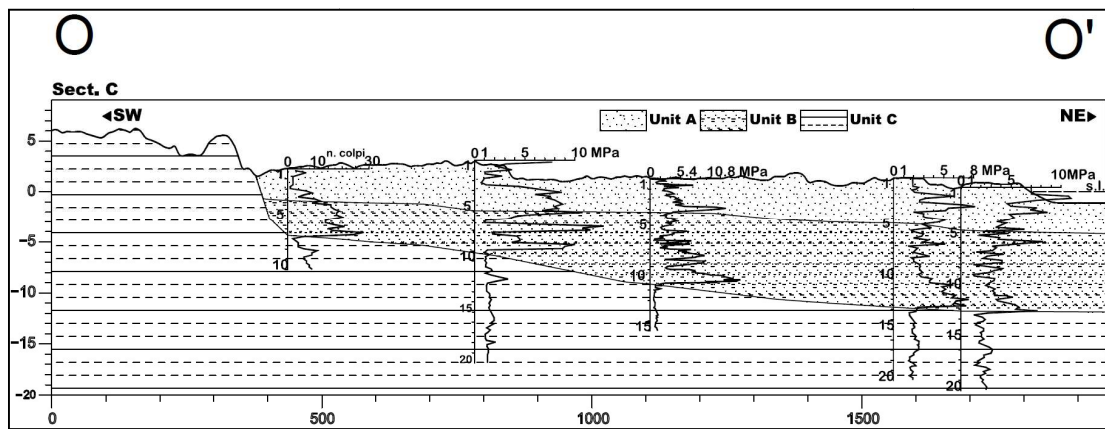


Figura 6 – Sezione stratigrafica O-O' relativa allo studio comunale di microzonazione sismica (vedi Fig. 5). L'unità A (SW CTMS 2018) comprende: "Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose". L'unità B (SM CTMS 2018) comprende: "Sabbie limose, miscela di sabbia e limo". L'unità C (ML CTMS 2018) comprende: "Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità".

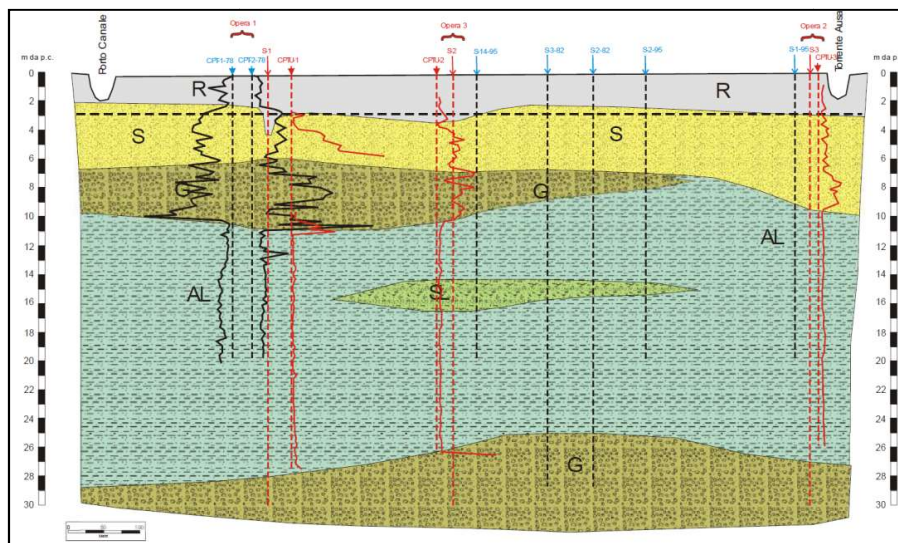


Figura 7 – Sezione stratigrafica ricostruita dalla relazione geologica di supporto al progetto di prolungamento e riqualificazione del sottopasso centrale della stazione di Rimini (da RFI). L'area di piazzale Carso è prossima all'area identificata con: "Opera3".

La successiva Fig. 7.1 riporta invece la porzione più significativa dal punto di vista geologico-tecnico della stratigrafia del sondaggio S2, effettuato in prossimità di Piazzale Carso ed interpretato nella sezione di Fig. 7. Si precisa che tale sondaggio non figura nella carta delle indagini dello studio comunale di Microzonazione Sismica.

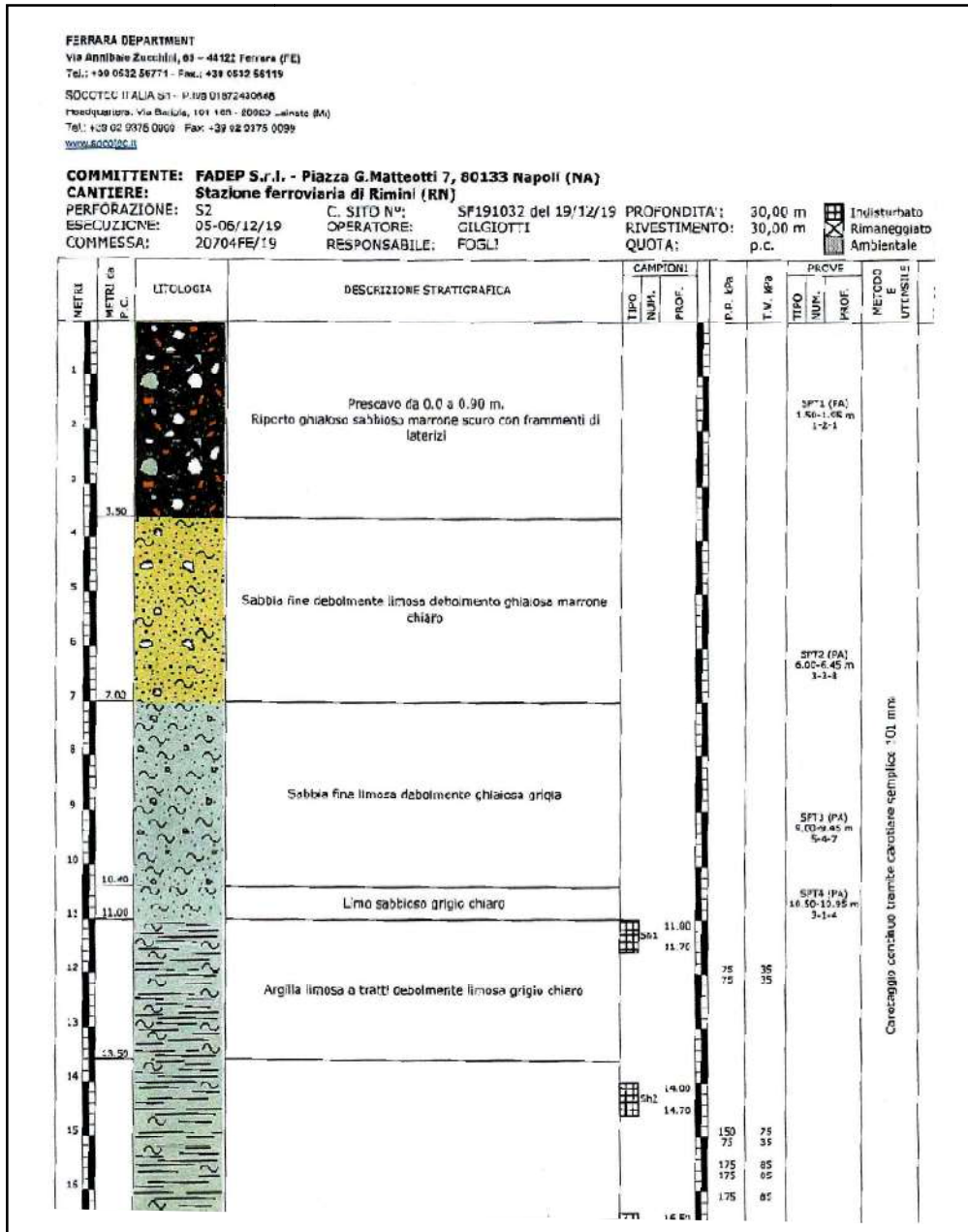


Figura 7.1 – Stratigrafia di sondaggio (S2) ricostruita dalla relazione geologica di supporto al progetto di prolungamento e riqualificazione del sottopasso centrale della stazione di Rimini (da RFI). L'ubicazione esatta dell'indagine è riportata dalla Fig. 11

3.2.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni

La figura successiva (Fig. 8) riporta la carta delle frequenze naturali dei terreni. Questo elaborato localizza tutte le misure di microtremore (indagini HVSR) a stazione singola presenti nel territorio comunale. In base a quanto emerso dall'interpretazione delle indagini effettuate presso ciascun sito di misura si è utilizzato un simbolo di colore diverso, come indicato dalla legenda.

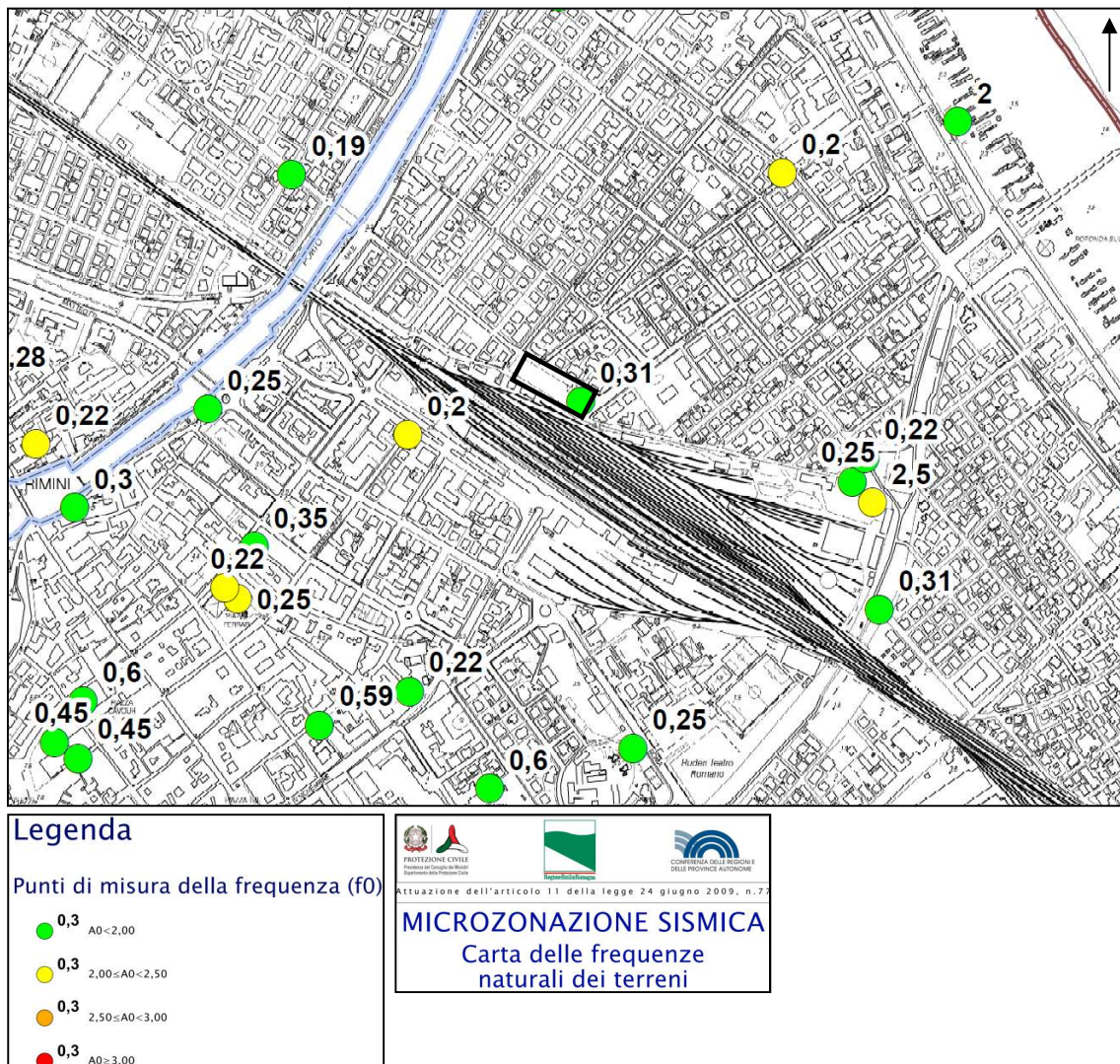


Figura 8 - Stralcio della carta delle frequenze naturali dei terreni (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero.

3.2.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

La seguente Fig. 9 riporta uno stralcio della carta delle aree suscettibili di effetti locali (carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) identificate dallo studio comunale di Microzonazione Sismica. La finalità della carta è quella di suddividere le aree in funzione della stratigrafia rilevata tramite le indagini e quindi identificare le potenziali zone di amplificazione e di instabilità in seguito ad un evento sismico. Nel sito in esame è riscontrata la presenza della M.O.P.S. 30502016 (Zona di attenzione per liquefazione. Depositi di piana costiera al tetto di depositi di piana alluvionale di elevato spessore, prevalentemente limoso-argillosi con intercalazioni ghiaiose. Interfaccia stratigrafica significativa a profondità comprese tra 70-110 m da p.c.).

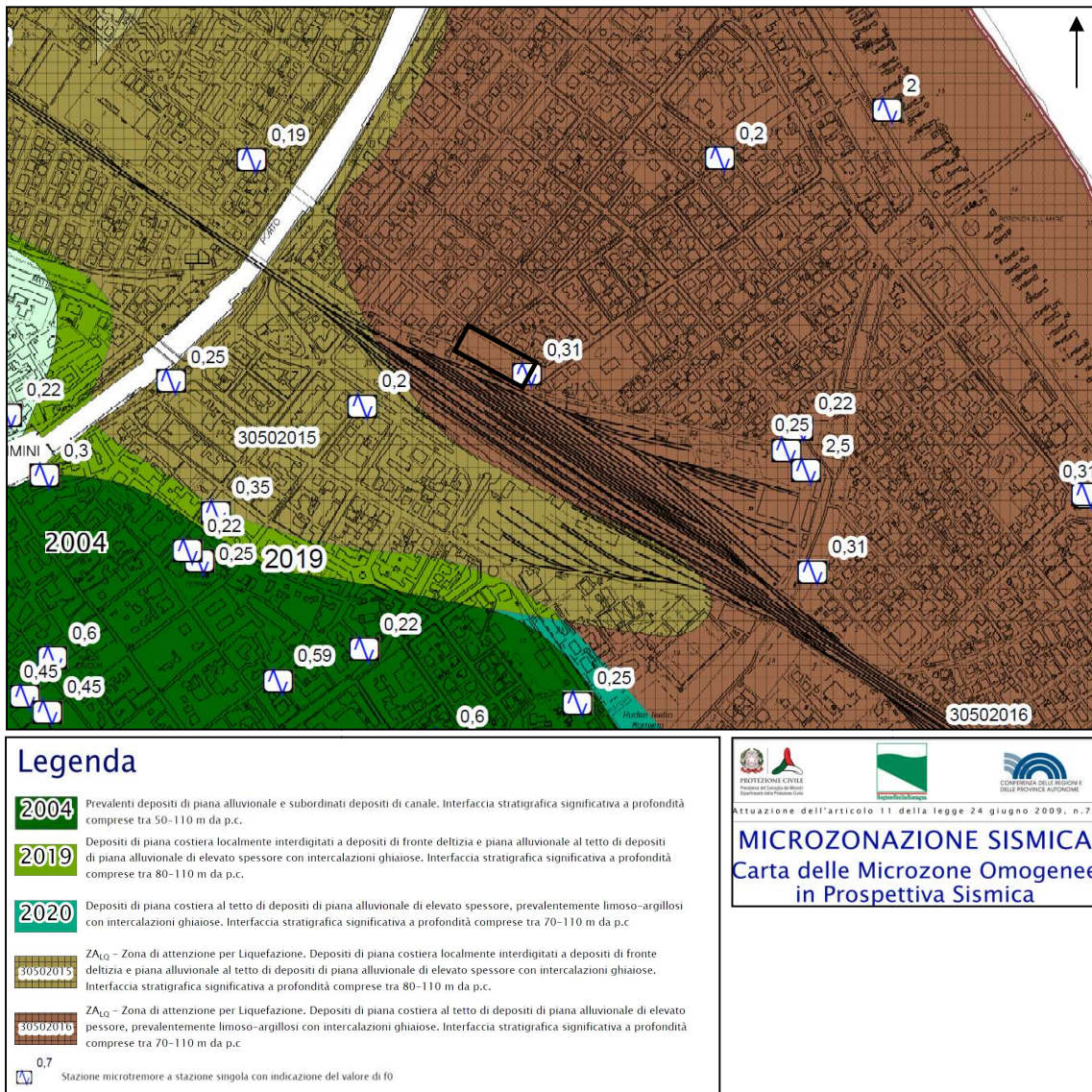


Figura 9 - Stralcio della carta delle aree suscettibili di effetti locali (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero.



3.3 Secondo livello di approfondimento

Il secondo livello di approfondimento (analisi semplificata) ha la finalità di verificare le condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento e confermare o eventualmente effettuare una nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica; suddividere dettagliatamente il territorio in base all'amplificazione attesa; confermare o migliorare la definizione delle aree indicate dal livello di approfondimento precedente in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicare le indagini e analisi da effettuare. Questo livello richiede, oltre a quelli del livello di approfondimento precedente, la produzione dei seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s): indica l'ubicazione di tutti i punti di misura di V_s con indicazione, per ciascuno, del valore di V_{SH} (in m/s) e H (in m) nelle aree in cui H non supera i 50 m, o di V_{S30} (in m/s) nelle aree di pianura dove H è maggiore di 50 m;
- Carte di microzonazione sismica di secondo livello: costituisce l'elaborato principale di questo livello di approfondimento. La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di tabelle e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale. La scelta delle tabelle per la stima dell'amplificazione non dipende dalle sole caratteristiche litologiche e morfologiche dell'area ma deve essere attentamente valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, in particolare della profondità e del tipo di substrato. L'amplificazione viene quantificata in termini di PGA, SA1, SA2, SA3, SA4, SI1, SI2 e SI3 che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche S_T . Deve essere prodotta anche una carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi.

3.3.1 Carta delle velocità delle onde di taglio V_s

La seguente Fig. 10 riporta uno stralcio della carta delle velocità delle onde di taglio tratta dallo studio di microzonazione sismica del comune di Rimini. L'elaborato è stato prodotto al fine di rappresentare nel territorio comunale la distribuzione del parametro V_{s30} (D.G.R. 564/2021) ottenuto tramite prove di sismica diretta e/o tramite prove geofisiche da superficie.



Figura 10 - Stralcio della carta delle velocità delle onde di taglio (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero.

Le indagini geofisiche eseguite da RFI (in particolare la prova DH eseguita nel foro di sondaggio S2) a supporto del progetto di prolungamento e riqualificazione del sottopasso centrale della stazione di Rimini possono adeguatamente confermare che il parametro V_{S30} , nelle immediate vicinanze del sito in esame, risulta coerente con quanto riportato alla scala territoriale dalla carta delle V_S . Si riporta di seguito l'ubicazione delle indagini geofisiche appena citate e il risultante profilo di velocità (Fig. 11).

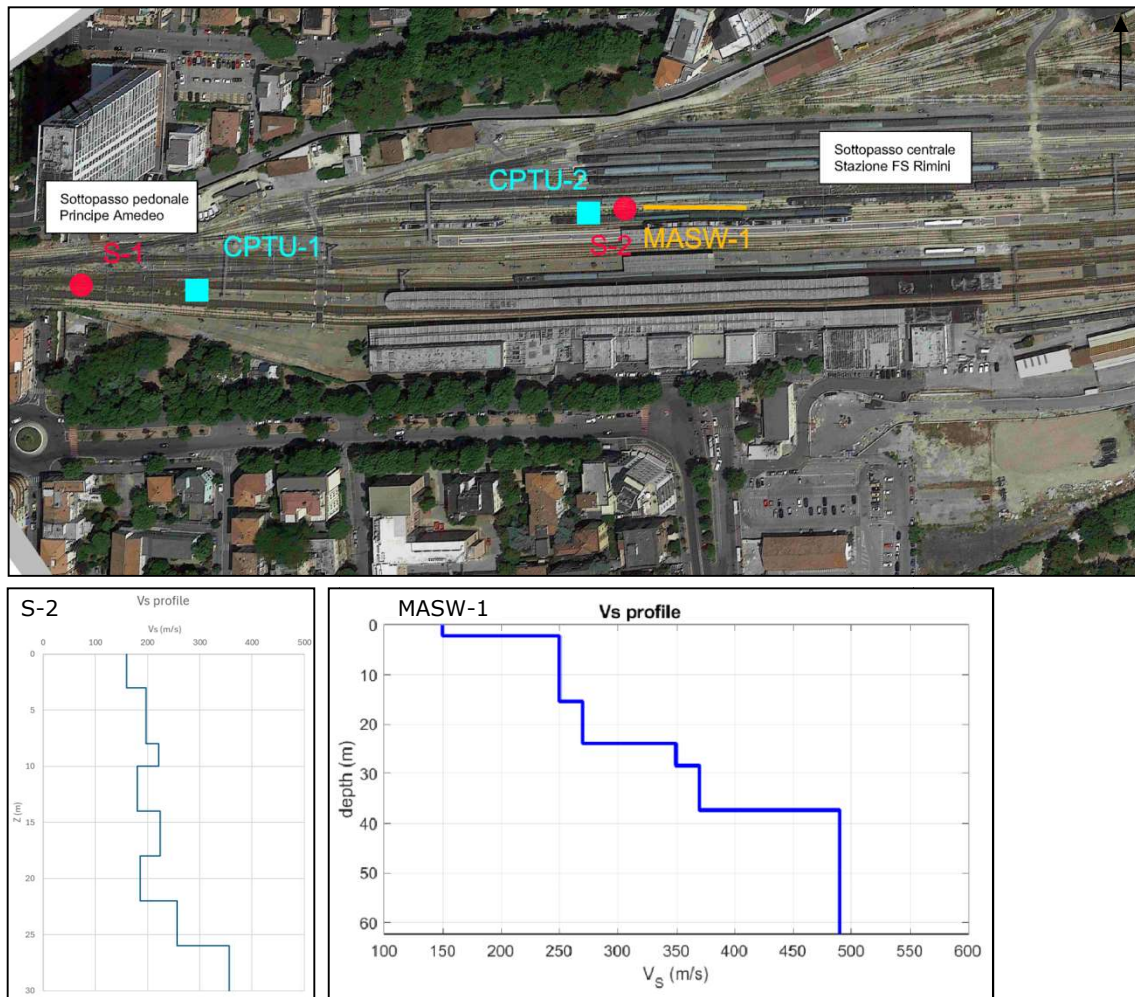


Figura 11 - Ubicazione delle indagini geologiche effettuate in occasione del progetto di prolungamento e riqualificazione del sottopasso centrale della stazione di Rimini. L'analisi delle prove DH e MASW eseguite in prossimità di Piazzale Carso ha prodotto i profili di velocità riportati sotto la figura, ai quali sono stati associati i valori di $V_{S30} = 212 \text{ m/s}$ (DH) e 258 m/s (MASW). I dati sono tratti dalla relazione geologica RFI a supporto del sopracitato progetto.

3.3.2 Carte di microzonazione sismica

Il sito in esame ricade nella fascia di pianura costiera che, essendo tipicamente caratterizzata da un IPL (indice del potenziale di liquefazione) superiore a 5, è stata caratterizzata tramite approfondimento di III livello. Lo studio di microzonazione sismica, in particolare, ha suddiviso il territorio costiero in 10 microzone contraddistinte da condizioni di pericolosità sismica omogenee (Fig. 12), in base alle quali sono state condotte le verifiche a liquefazione tramite metodologie semplificate sulla scorta di prove Cpte/u, adottando metodi ritenuti congrui ed adeguati agli indirizzi regionali.

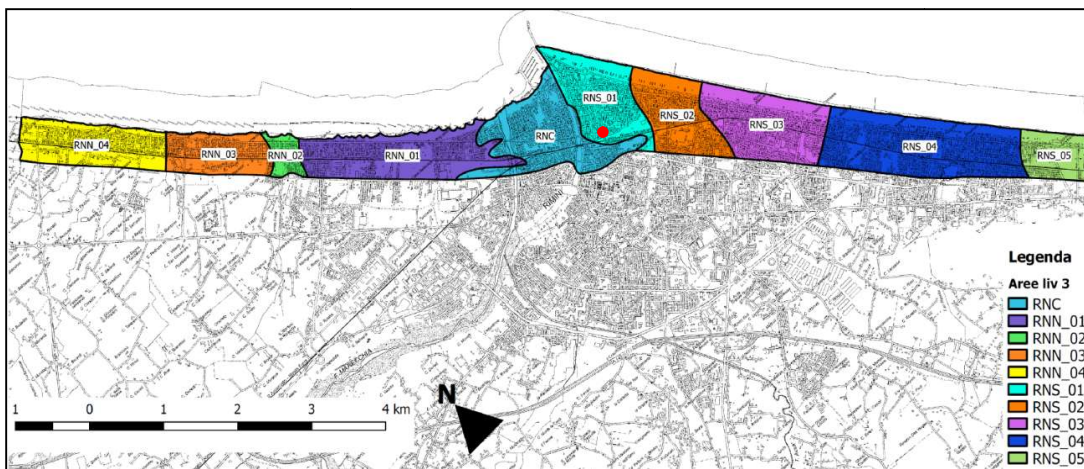


Figura 12 – Zone a comportamento dinamico rappresentativo per le RSL lungo il tratto costiero studiato (da M.S. comune di Rimini, 2022). Il punto rosso indica il sito in esame.

Dall’esito congiunto di queste metodologie di indagine sono state sviluppate le cartografie di Microzonazione Sismica di Terzo Livello di approfondimento per liquefazione. Come indicato dalla Fig. 12 l’area oggetto del procedimento unico in esame è compresa nella zona RNS_01. Si riportano di seguito i parametri sismici associati (Fig. 13).

Fattori SA:					
		Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
INT SPETT.	SA1	0.1-0.5	0.162582	0.212364	1.306
INT SPETT.	SA2	0.4-0.8	0.102135	0.182999	1.792
INT SPETT.	SA3	0.7-1.1	0.063997	0.120375	1.881
INT SPETT.	SA4	0.5-1.5	0.156617	0.293923	1.877

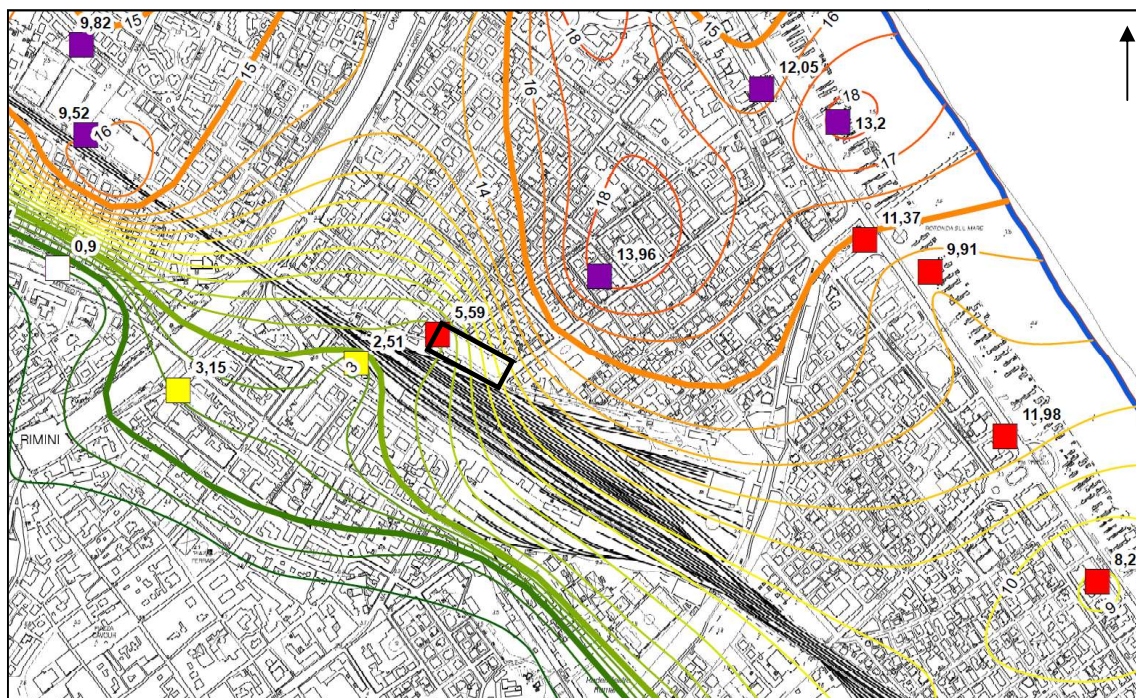
Fattori SI:					
		Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
INT SPETT.	SI1	0.1-0.5	6.944532	10.204992	1.470
INT SPETT.	SI2	0.5-1.0	10.950898	22.003084	2.009
INT SPETT.	SI3	0.5-1.5	21.873204	42.112490	1.925

ASlpu/ΔT=	401.835994	VsH (0-30)=227 (m/s)
H _{SM} =	524.878	PGA=0.260
H ₀₄₀₀ =	448.653	F _{PGA} =1.421
H ₀₇₁₁ =	295.119	
H ₀₅₁₅ =	288.240	

Figura 13 – Parametri sismici associati alla zona RNS_01, sulla base dei quali sono state sviluppate le carte di III livello (da M.S. comune di Rimini, 2022).

3.3.2.1 Carta isopotenziale di liquefazione

La seguente Fig. 14 riporta uno stralcio della carta dell'isopotenziale di liquefazione tratta dallo studio di microzonazione sismica del comune di Rimini. L'elaborato è stato prodotto al fine di rappresentare nel territorio comunale la distribuzione dell'IPL (Indice del Potenziale di Liquefazione) ottenuto dall'analisi di prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu). All'interno dell'area oggetto del procedimento in esame è presente una verticale di indagine dalla quale è risultato un IPL=5,72 (corrispondente ad un rischio di liquefazione elevato) ed un valore di cedimento post-sismico di 5,59cm.



Legenda

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL

Il valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente cedimento post-sismico

- 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0<IPL≤2)
- 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2<IPL≤5)
- 5,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5<IPL≤15)
- 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL>15)

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica
Isopotenziali a liquefazione

Figura 14 - Stralcio della carta delle isopotenziali di liquefazione (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero.

3.3.2.2 Carte dei fattori di amplificazione

La seguente Fig. 15 riporta uno stralcio della carta del fattore di amplificazione stratigrafica (F.A. P.G.A.) ricostruita dallo studio di Microzonazione Sismica del comune di Rimini. Questo dato permette una valutazione immediata dell'effetto che i depositi di pianura hanno sul segnale riferito al substrato sismico. Il Valore dell'amplificazione, per le aree in esame, è determinato in 1,42 dall'analisi RSL relativa alla zona RNS_01.

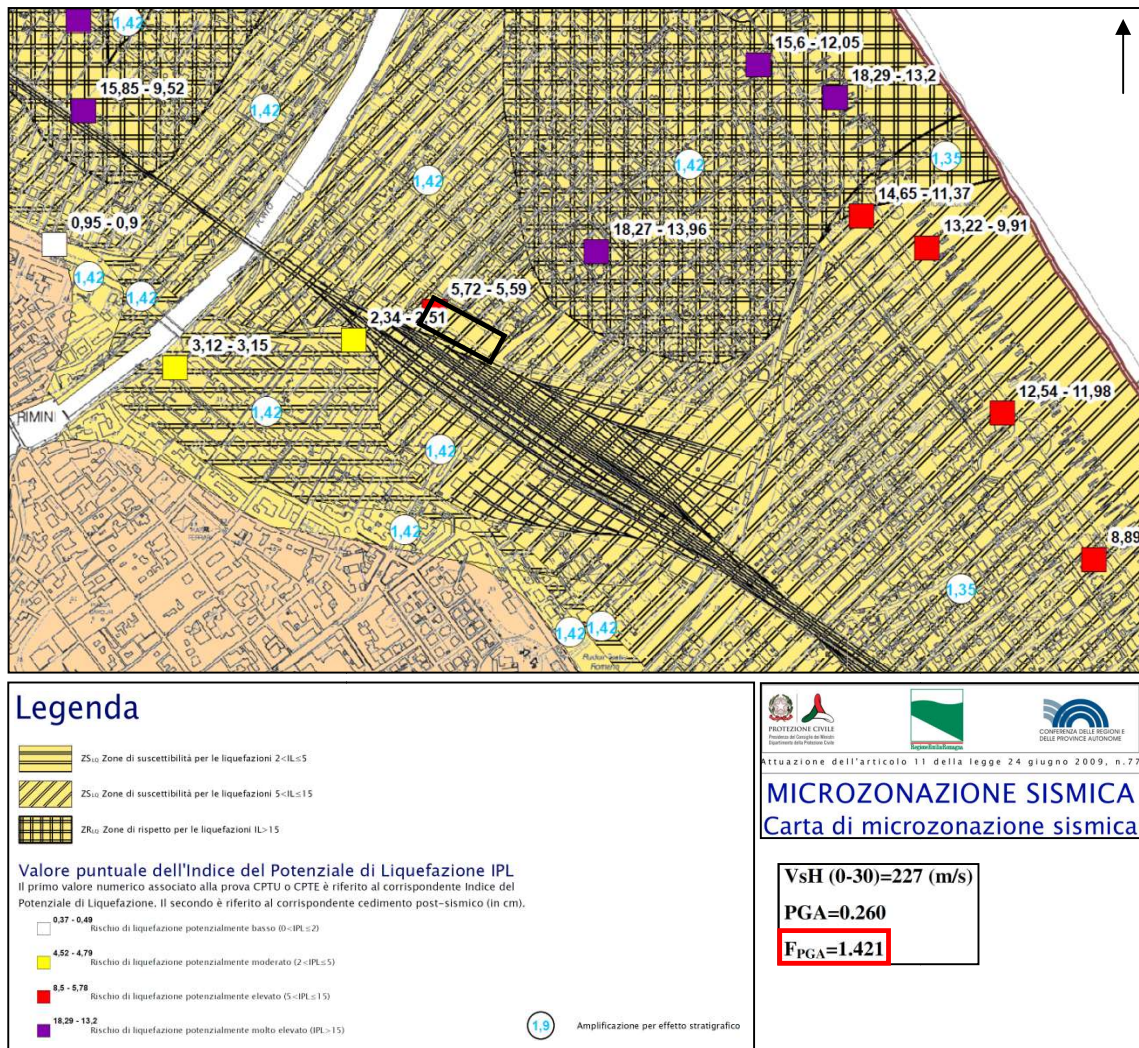
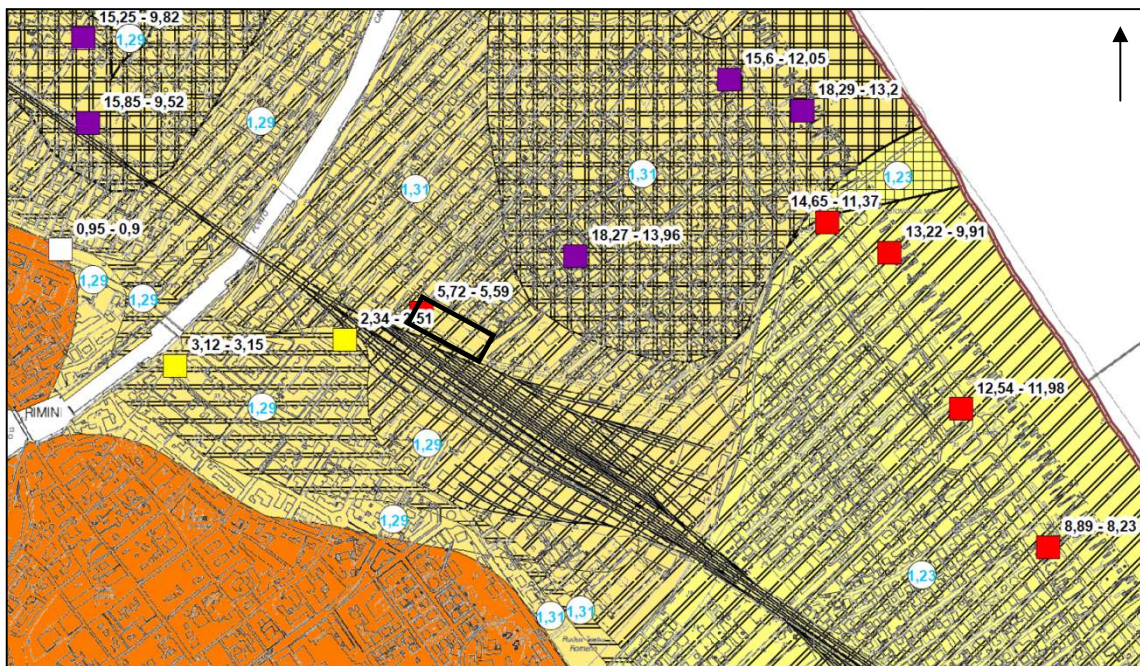


Figura 15 - Stralcio della carta di microzonazione sismica F.A. P.G.A. (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. Il riquadro a fianco della legenda evidenzia i risultati della RSL.

Le figure seguenti riportano le ulteriori carte dei fattori di amplificazione richieste dalla D.G.R. 564/2021 per II e III livello di approfondimento: **SA1** - $0,1s \leq T \leq 0,5s$ (Fig. 16); **SA2** - $0,4s \leq T \leq 0,8s$ (Fig. 17); **SA3** - $0,7s \leq T \leq 1,1s$ (Fig. 18); **SA4** - $0,5s \leq T \leq 1,5s$ (Fig. 19); **SI1** - $0,1s \leq T \leq 0,5s$ (Fig. 20); **SI2** - $0,5s \leq T \leq 1,0s$ (Fig. 21); **SI3** - $0,5s \leq T \leq 1,5s$ (Fig. 22). Anche in queste carte il valore dell'amplificazione, per le aree in esame, è determinato tramite analisi di III livello di approfondimento.



Legenda

- ZS₁₀ Zone di suscettibilità per le liquefazioni $2 < IL \leq 5$
- ZS₁₅ Zone di suscettibilità per le liquefazioni $5 < IL \leq 15$
- ZR₁₅ Zone di rispetto per le liquefazioni $IL > 15$

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso ($0 < IPL \leq 2$)
- 4,52 - 4,70 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato ($2 < IPL \leq 5$)
- 8,5 - 5,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato ($5 < IPL \leq 15$)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato ($IPL > 15$)

Amplificazione per effetto stratigrafico

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica

	Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
SA1	0,1-0,5	0,162582	0,212364	1,306
SA2	0,4-0,8	0,102135	0,182999	1,792
SA3	0,7-1,1	0,063997	0,120375	1,881
SA4	0,5-1,5	0,156617	0,293923	1,877

Figura 16 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SA1 (F.A. 0,1-0,5 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.

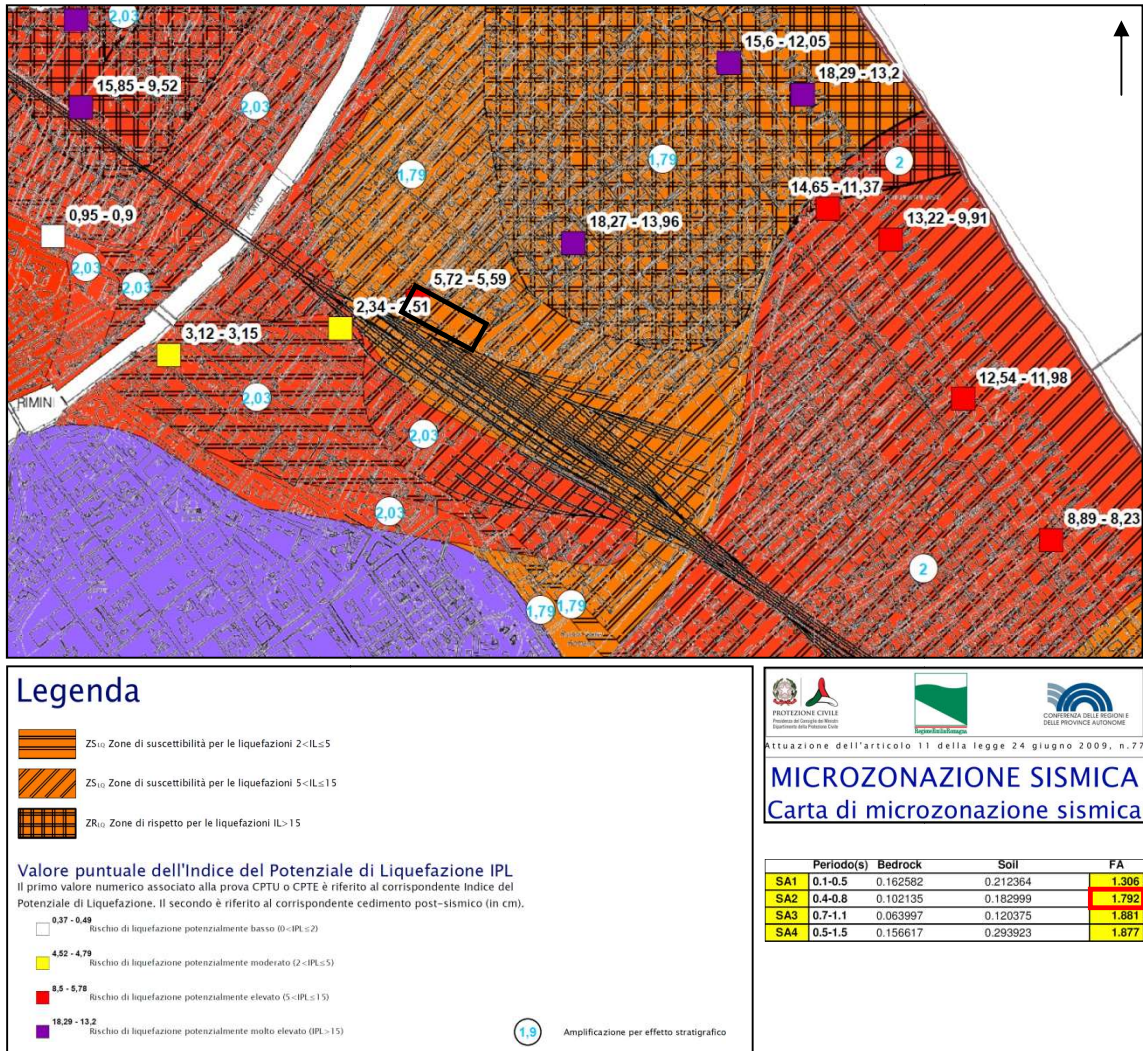
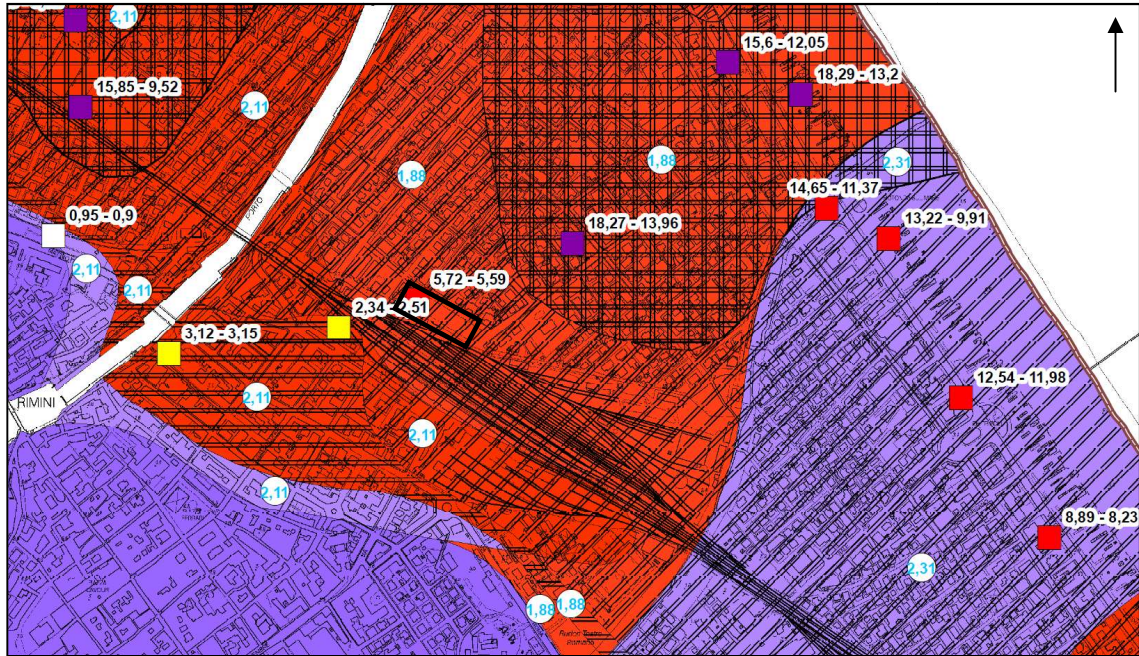


Figura 17 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SA2 (F.A. 0,4-0,8 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.



Legenda

- ZS₀₂ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2<IL≤5
- ZS₀₃ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5<IL≤15
- ZR₀₂ Zone di rispetto per le liquefazioni IL>15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (I<IPL≤2)
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2<IPL≤5)
- 8,5 - 8,76 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5<IPL≤15)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL>15)

Amplificazione per effetto stratigrafico

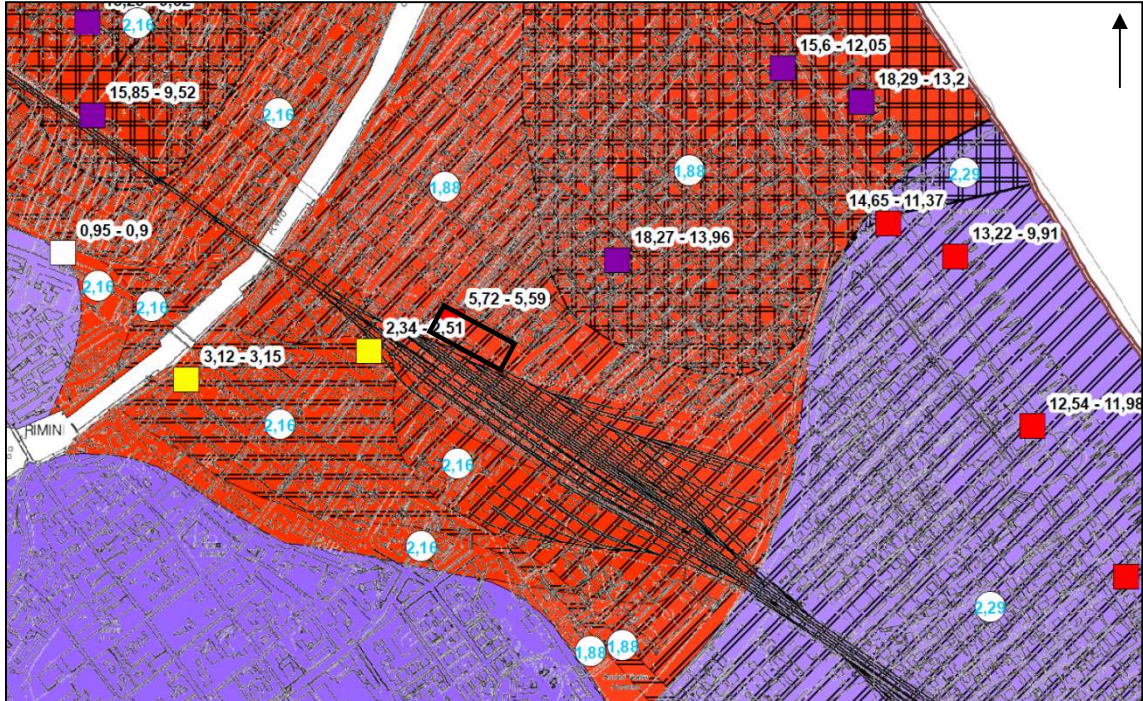
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

	Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
SA1	0.1-0.5	0.162582	0.212364	1.306
SA2	0.4-0.8	0.102135	0.182999	1.792
SA3	0.7-1.1	0.063997	0.120375	1.881
SA4	0.5-1.5	0.156617	0.293923	1.877

Figura 18 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SA3 (F.A. 0,7-1,1 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022, corr. 2024). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.



Legenda

- ZS₁₀ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2<IL≤5
- ZS₁₅ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5<IL≤15
- ZR₁₅ Zone di rispetto per le liquefazioni IL>15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0<IPL≤2)
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2<IPL≤5)
- 8,5 - 8,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5<IPL≤15)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL>15)

Amplificazione per effetto stratigrafico

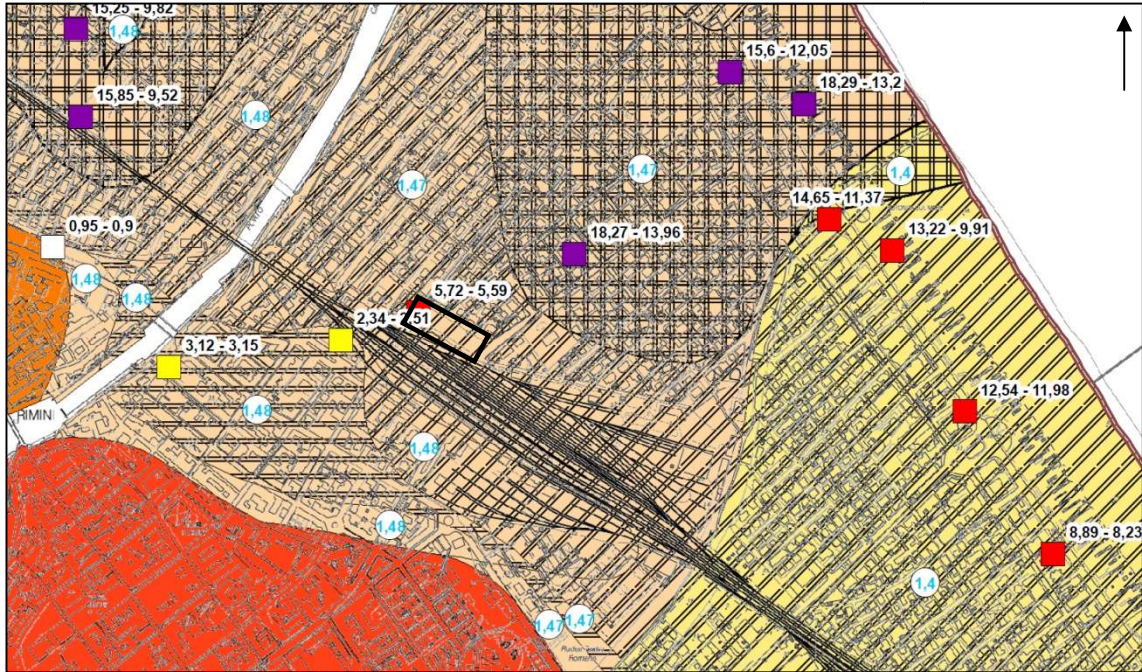


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica

	Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
SA1	0.1-0.5	0.162582	0.212364	1.306
SA2	0.4-0.8	0.102135	0.182999	1.792
SA3	0.7-1.1	0.063997	0.120375	1.881
SA4	0.5-1.5	0.156617	0.293923	1.877

Figura 19 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SA4 (F.A. 0,5-1,5 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.



Legenda

- ZS₁₀ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2 < IL ≤ 5
- ZS₁₅ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5 < IL ≤ 15
- ZR₁₀ Zone di rispetto per le liquefazioni IL > 15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0 < IPL ≤ 2)
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2 < IPL ≤ 5)
- 8,5 - 8,76 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5 < IPL ≤ 15)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL > 15)

1,8 Amplificazione per effetto stratigrafico

PROTEZIONE CIVILE
Dipartimento di Protezione Civile
Comune di Rimini

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

COMUNE DI RIMINI
CONFERENZA DELLE PROVINCE AUTONOME

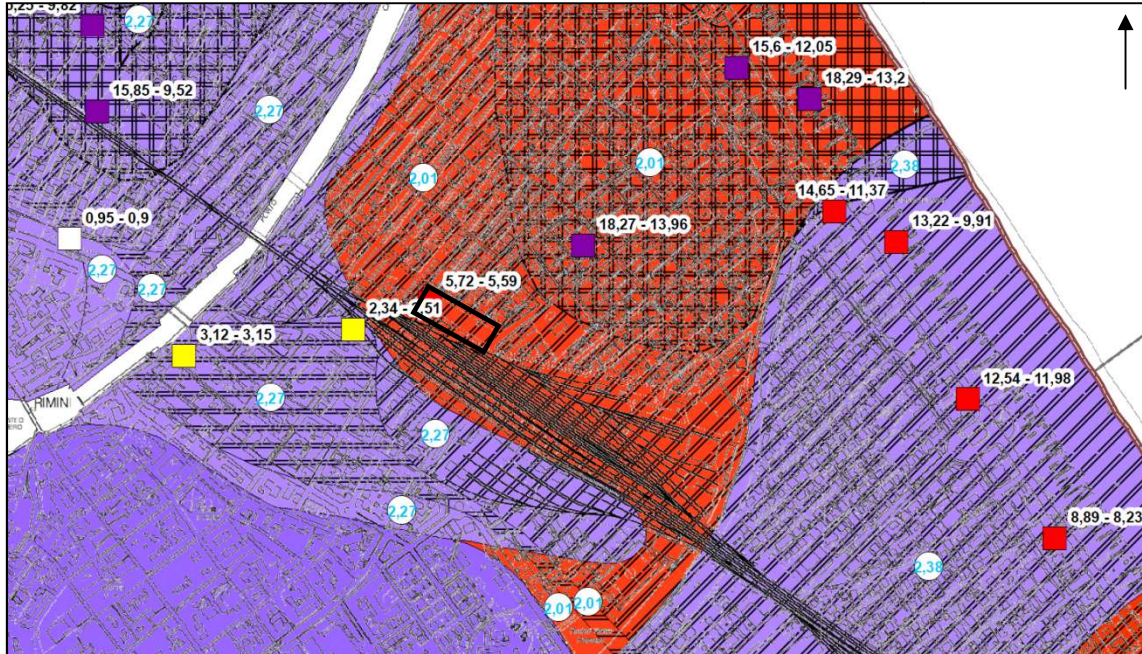
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

	Periodo(s)	Bedrock	Suoli	FA
SI1	0,1-0,5	6.944532	10.204992	1.470
SI2	0,5-1,0	10.950898	22.003084	2.009
SI3	0,5-1,5	21.873204	42.112490	1.925

Figura 20 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SI1 (F.A. 0,1-0,5 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.



Legenda

- ZS_{II}: Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2<IL≤5
- ZS_{III}: Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5<IL≤15
- ZR_{III}: Zone di rispetto per le liquefazioni IL>15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTE è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0<IPL≤2)
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2<IPL≤5)
- 8,5 - 5,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5<IPL≤15)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL>15)

1,9 Amplificazione per effetto stratigrafico

PROTEZIONE CIVILE
Dipartimento di Pianificazione e Gestione Territoriale
Settore Urbanistica

Superficie Urbana

CONFERENZA DELLE REGIONI
E DELLE PROVINCE AUTONOME

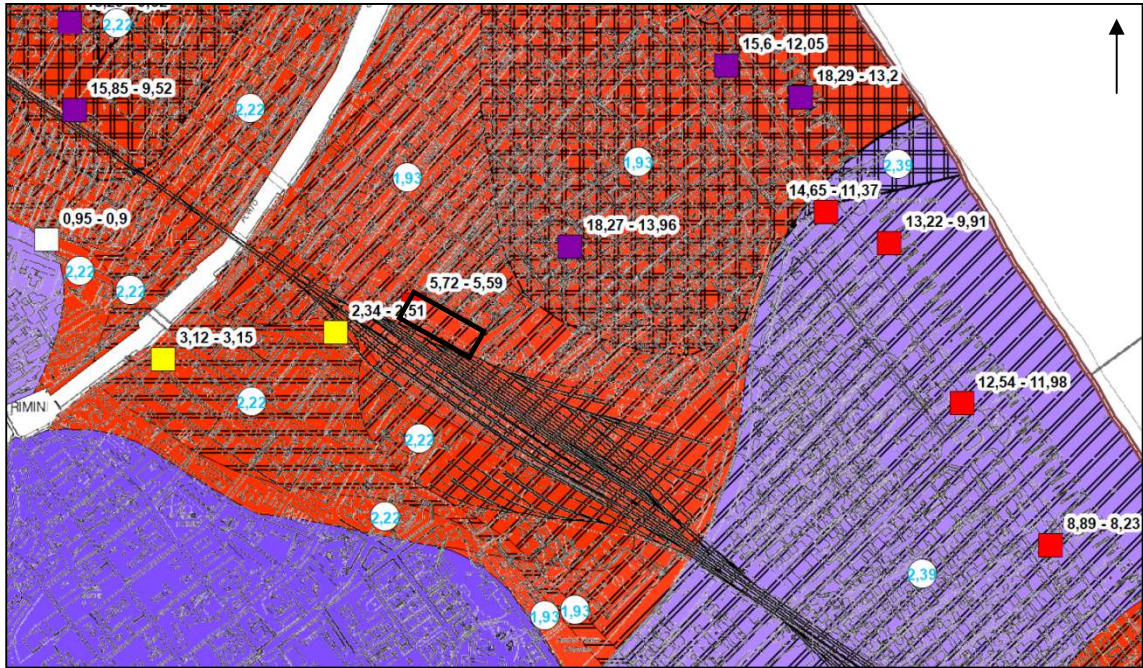
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

	Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
SI1	0,1-0,5	6.944532	10.204992	1.470
SI2	0,5-1,0	10.950898	22.003084	2.009
SI3	0,5-1,5	21.873204	42.112490	1.925

Figura 21 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SI2 (F.A. 0,5-1,0 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.



Legenda

- ZS₁ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2 < IPL ≤ 5
- ZS₂ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5 < IPL ≤ 15
- ZR₁ Zone di rispetto per le liquefazioni IPL > 15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL.
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTE è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0 < IPL ≤ 2)
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2 < IPL ≤ 5)
- 8,5 - 5,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5 < IPL ≤ 15)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL > 15)

1,9 Amplificazione per effetto stratigrafico

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica

	Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
SI1	0.1-0.5	6.944532	10.204992	1.470
SI2	0.5-1.0	10.950898	22.003084	2.009
SI3	0.5-1.5	21.873204	42.112490	1.925

Figura 22 - Stralcio della carta di microzonazione sismica SI3 (F.A. 0,5-1,5 s) (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. La tabella a fianco della legenda indica i fattori di amplificazione connessi al III livello di approfondimento.

3.3.2.3 Carte della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}

Per rappresentare in maniera assoluta e più realistica la pericolosità sismica del territorio, tenendo conto sia della pericolosità di base sia degli effetti di sito, la DGR 630/2019, come aggiornata dalla DGR 476/2021 e successiva integrazione DGR 564/2021, richiede una carta della distribuzione sul territorio dei valori di intensità sismica H_{SM} (Naso et al., 2019). Questo parametro esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) ed è dato dall'integrale dello spettro in accelerazione calcolato in un determinati intervalli di periodo: $0,1s \leq T \leq 0,5s$ (H_{SM}); $0,4s \leq T \leq 0,8s$ (H_{0408}); $0,7s \leq T \leq 1,1s$ (H_{0711}); $0,5s \leq T \leq 1,5s$ (H_{0515}). Si riportano gli stralci delle sopraccitate carte ricostruite dallo studio di microzonazione sismica del comune di Rimini, relative al sito in esame (Figg. 23, 24, 25, 26).

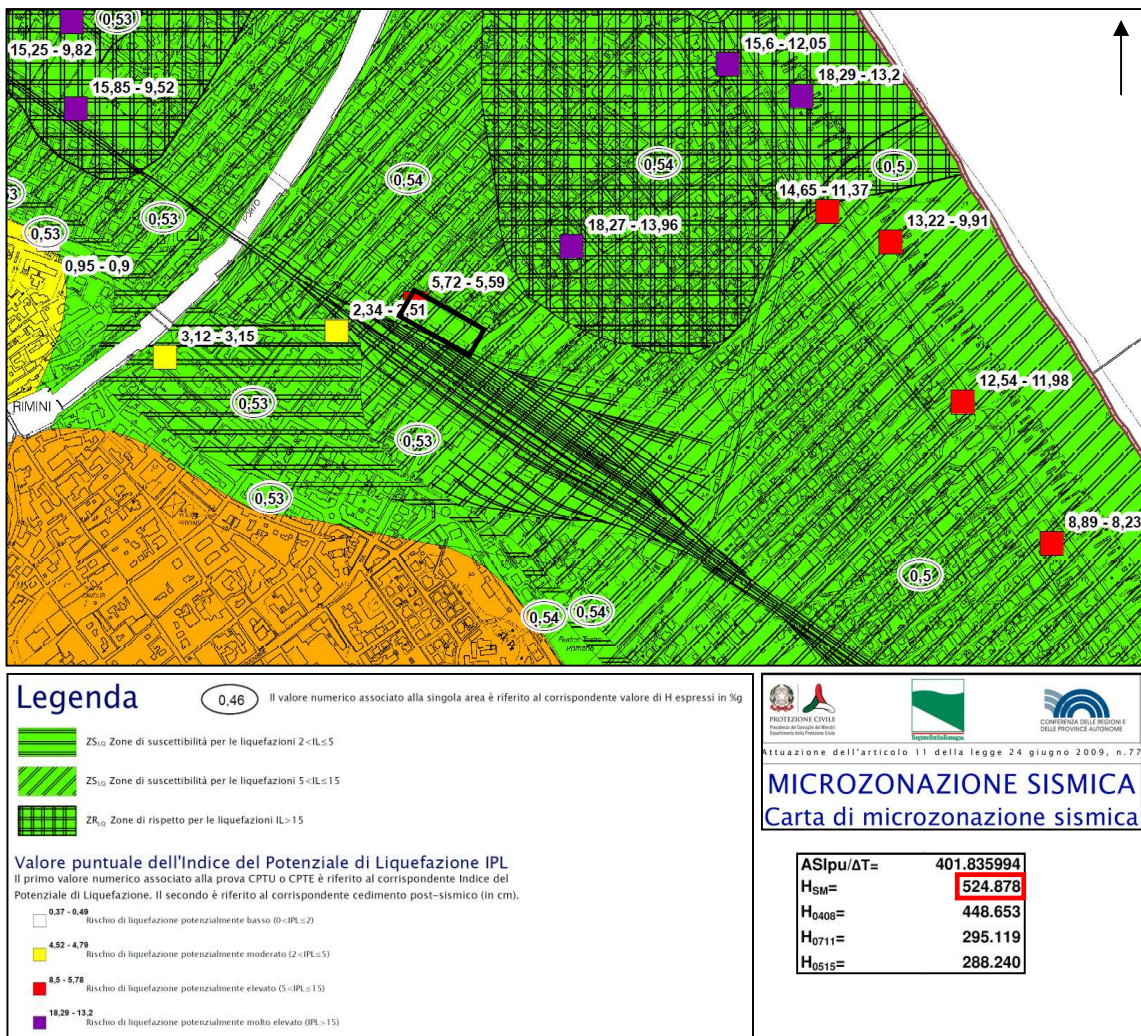
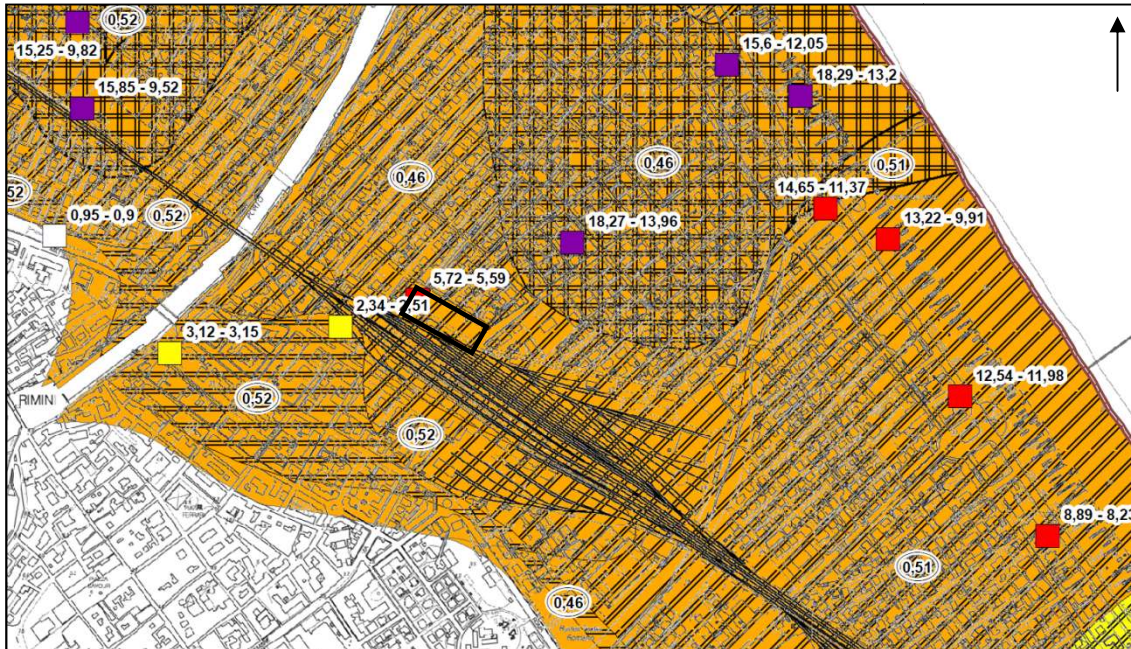


Figura 23 - Stralcio della carta di microzonazione sismica H_{SM} - $0,1s \leq T \leq 0,5s$ (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. Il riquadro a fianco della legenda evidenzia i risultati della RSL.



Legenda

0,46

Il valore numerico associato alla singola area è riferito al corrispondente valore di H espressi in %

- ZS₁₀: Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2 < IL ≤ 5
- ZS₁₅: Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5 < IL ≤ 15
- ZR₁₅: Zone di rispetto per le liquefazioni IL > 15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL

Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente indice del Potenziale di Liquefazione, il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (IPL ≤ 2)
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2 < IPL ≤ 5)
- 8,5 - 5,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5 < IPL ≤ 15)
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL > 15)

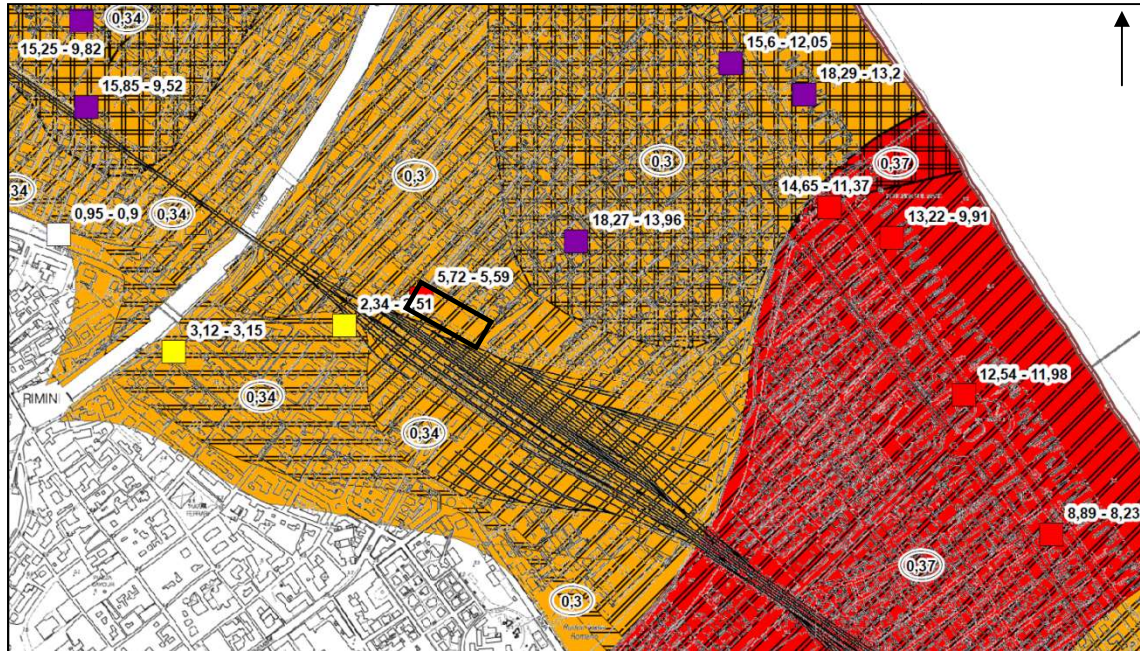


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA Carta di microzonazione sismica

AS _{lpu} /ΔT=	401.835994
H _{SM} =	524.878
H ₀₄₀₈ =	448.653
H ₀₇₁₁ =	295.119
H ₀₅₁₅ =	288.240

Figura 24 - Stralcio della carta di microzonazione sismica H₀₄₀₈ - 0,4s ≤ T ≤ 0,8s (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. Il riquadro a fianco della legenda evidenzia i risultati della RSL.



Legenda

Il valore numerico associato alla singola area è riferito al corrispondente valore di H espressi in %g

- ZS₁₀ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 2<IL≤5
- ZS₁₅ Zone di suscettibilità per le liquefazioni 5<IL≤15
- ZR₁₀ Zone di rispetto per le liquefazioni IL>15

Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL
Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTe è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0.37 - 0.49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso (0<IPL≤2)
- 4.52 - 4.70 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato (2<IPL≤5)
- 8.5 - 8.78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato (5<IPL≤15)
- 18.29 - 13.2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato (IPL>15)

PROTEZIONE CIVILE
SISTEMA DI GESTIONE DEL RISCHIO

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 74

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica

AS _{1p} u/ΔT=	401.835994
H _{SM} =	524.878
H ₀₄₀₈ =	448.653
H ₀₇₁₁ =	295.119
H ₀₅₁₅ =	288.240

Figura 25 - Stralcio della carta di microzonazione sismica H₀₇₁₁ - 0,7s≤T≤1,1s (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. Il riquadro a fianco della legenda evidenzia i risultati della RSL.



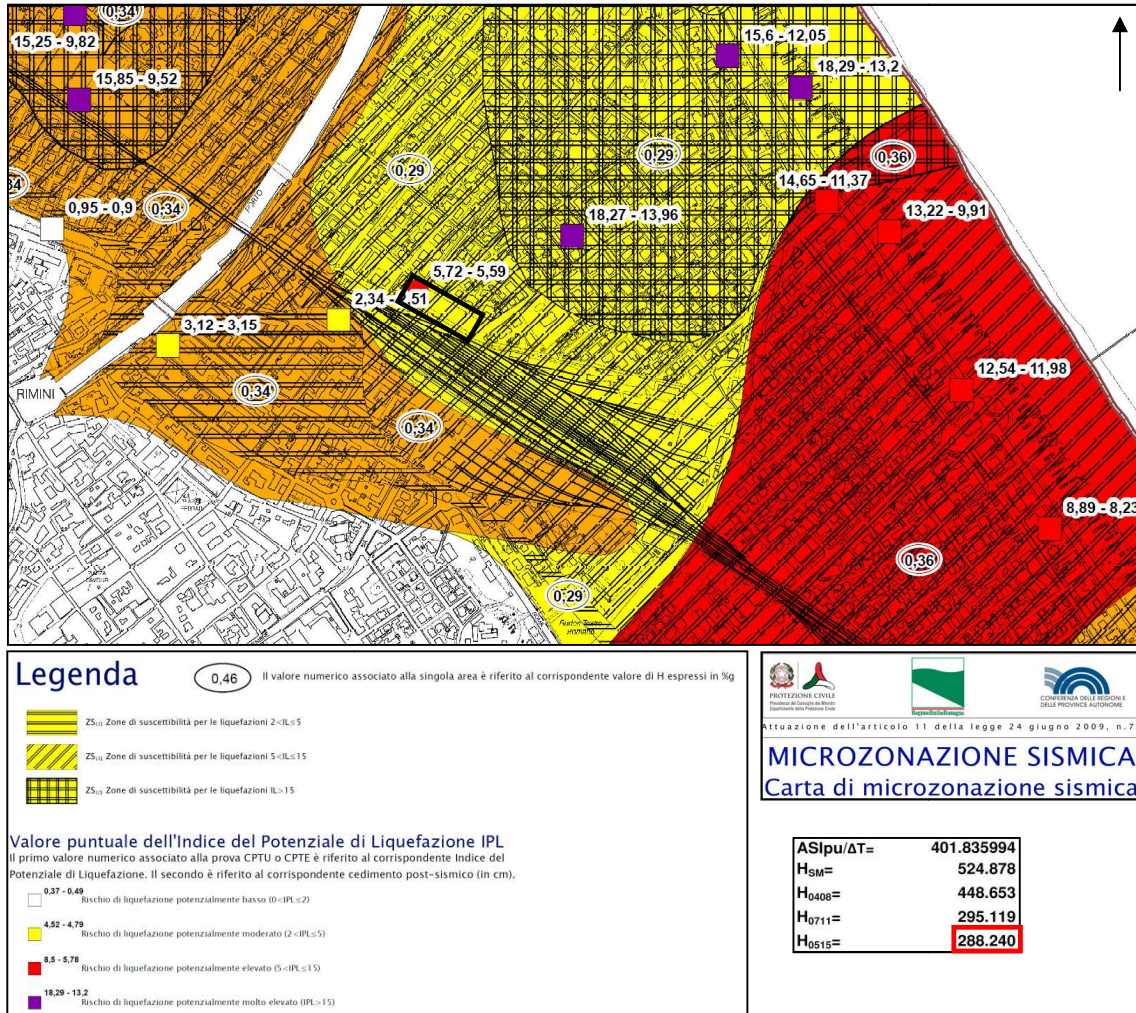


Figura 26 - Stralcio della carta di microzonazione sismica H₀₅₁₅ - 0,5s ≤ T ≤ 1,5s (da M.S. comune di Rimini, 2022). L'area in esame è evidenziata dal rettangolo nero. Il riquadro a fianco della legenda evidenzia i risultati della RSL.

La zonazione in termini di H_{SM} permette di stabilire una reale graduatoria di pericolosità tra le varie zone omogenee ed è un elemento conoscitivo fondamentale per una più realistica valutazione del rischio sismico. Tale parametro consente quindi una rappresentazione assoluta della pericolosità sismica del territorio. In particolare l'intervallo di periodi compreso tra 0,1 s e 0,5 s, risulta di grande interesse per il governo del territorio e per la pianificazione urbanistica in quanto è noto da vari studi che i periodi propri della maggior parte degli edifici dei centri storici, e dei centri abitati in generale, sono compresi in questo intervallo e, pertanto, consente anche eventuali valutazioni preliminari sul danneggiamento potenziale atteso. Al proposito Naso et al., 2019 propongono una discretizzazione secondo classi di valori di H_{SM} in relazione all'intensità macrosismica e danneggiamento potenziale attesi (Fig. 27).

Seismic hazard	low-very / low	moderate / low	moderate	high	very high
H_{SM} (g)	≤ 0.183	$0.183 < H_{SM} \leq 0.347$	$0.347 < H_{SM} \leq 0.663$	$0.663 < H_{SM} \leq 1.264$	> 1.264
Potential damage	none – very light	very light – moderate	moderate – heavy	heavy	very heavy
Instrumental intensity	$\leq VI$	VII	VIII	IX	$\geq X$

Figura 27 - Ipotetiche classi di intensità H_{SM} in relazione ad altri fenomeni fisici (da Naso et al., 2019 modificato).

Nella rappresentazione cartografica prodotta dallo studio di microzonazione sismica del comune di Rimini sono state adottate le classi di pericolosità e relative vestizioni indicate dalla Regione Emilia-Romagna, in conformità alle recenti "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni" – versione 2.0 (2022). Queste prevedono infatti che le Regioni possano operare distinzioni nella classificazione H_{SM} , rimanendo comunque entro i limiti delle classi indicate dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (C.T.M.S.) (Fig. 28).

Intervalli di periodo	Classificazione H_{SM} [g]			
	Basso ($ZS4_{SM}$)	Medio ($ZS3_{SM}$)	Alto ($ZS2_{SM}$)	Molto alto ($ZS1_{SM}$)
$T1_{(0.1-0.5)}$	≤ 0.21	0.22-0.54	0.55-0.85	≥ 0.86
$T2_{(0.4-0.8)}$	≤ 0.14	0.15-0.34	0.35-0.55	≥ 0.56
$T3_{(0.7-1.1)}$	≤ 0.09	0.10-0.22	0.23-0.35	≥ 0.36

Figura 28 - Classificazione di H_{SM} indicata dalla C.T.M.S. (Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni" – versione 2.0). In rosso è indicato l'intervallo di riferimento per l'area in esame.



4. Conclusioni

In conclusione a quanto presentato si conferma che le aree oggetto di variante sono caratterizzate ai sensi del vigente atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49 L.R. N. 24/2017). La consultazione delle indagini geologiche eseguite da RFI per supporto al sinergico progetto di prolungamento e riqualificazione del sottopasso centrale della stazione di Rimini ha inoltre confermato la validità dell'assetto stratigrafico generale identificato dalla Carta delle M.O.P.S. e dalla carta delle V_S (relative allo studio comunale di Microzonazione Sismica). Nel caso in cui fasi successive del procedimento in oggetto prevedano la realizzazione di nuove indagini geologiche si chiede comunque di valutare la coerenza dei risultati.

Si ricorda che il presente elaborato è stato predisposto esclusivamente per supporto al procedimento di variante alla pianificazione vigente e non riguarda aspetti progettuali.

Si ricorda inoltre che, come risultante dall'analisi urbanistica effettuata, il progetto in esame risulta compatibile con la strumentazione sovraordinata e con quella comunale vigente (P.S.C.). L'approvazione dello stesso determinerà però variante agli elaborati di R.U.E., introducendo un perimetro che identifica l'area oggetto del procedimento unico ex art.53 L.R. 24/2017 e definendo una specifica scheda d'ambito.

Settore Urbanistica
Dott. Geol. Luca Bellani
(documento firmato digitalmente)