



Comune di Riccione



**PROVINCIA
DI RIMINI**

Studi di Micro-zonazione Sismica relativi al territorio comunale di Riccione (RN) I & II livello di analisi



Riccione, Ottobre 2014

Relazione Tecnico-Illustrativa

Gruppo di Lavoro:

Dott. Geol. Carlo Copioli
Dott. Geol. Fabio Vannoni
Dott. Geol. Domenico Pileggi
Dott. Geol. Pietro Cucci
Dott. Geol. Jacopo Tirincanti
Dott. Geol. Fausto Capacci

Responsabile:

Dott. Geol. Carlo Copioli

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	INTRODUZIONE	3
3.	SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE	6
4.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	9
4.1.	<i>Inquadramento tettonico regionale</i>	9
4.2.	<i>Inquadramento Geografico</i>	13
4.3.	<i>Assetto Geologico</i>	13
4.4.	<i>Assetto Geomorfologico</i>	14
5.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	17
5.1.	<i>Indagini Integrative</i>	19
5.2.	<i>Andamento delle Vs nel primo sottosuolo</i>	25
6.	MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	27
6.1.	<i>Quadro geologico preliminare</i>	27
6.2.	<i>Litologia e ricostruzione stratigrafica del sottosuolo</i>	35
7.	MICROZONAZIONE SISMICA AL I LIVELLO DI ANALISI	38
7.1.	<i>Carta geologico-tecnica</i>	38
7.2.	<i>Carta delle Frequenze Naturali del Terreno</i>	40
7.3.	<i>Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)</i>	45
8.	MICROZONAZIONE SISMICA AL II LIVELLO DI ANALISI	50
8.1.	<i>Carta delle velocità delle onde di taglio s</i>	50
8.2.	<i>Carta del Substrato</i>	52
8.3.	<i>Carte dei Fattori di Amplificazione</i>	53
9.	CONCLUSIONI	57

1. PREMESSA

La microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

La L.R. 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio” e la L.R. 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”, richiedono l’esecuzione di studi di microzonazione sismica per la redazione e l’approvazione dei piani urbanistici comunali. Successivamente la Regione Emilia-Romagna con deliberazione dell’Assemblea Legislativa n.112/2007 del 02/05/07 ha approvato gli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.

Anche il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 ha approvato gli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”, e con Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 15 aprile 2013 pubblicato sulla G.U. della Repubblica Italiana, n.160 del 10 luglio 2013 a titolo “Ripartizione delle risorse di cui all’ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 20 febbraio 2013, n. 52, emanata in attuazione dell’articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n.77, per l’annualità 2012.”, ha assegnato le risorse finanziarie anche alla Regione Emilia-Romagna, per studi di microzonazione sismica.

Con deliberazione della Giunta Regionale n.1919 in data 16 dicembre 2013, pubblicata sul BURERT Regione Emilia-Romagna in data 3 gennaio 2014, sono stati approvati i criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnati i contributi economici ai Comuni della Regione Emilia-Romagna risultanti in possesso dei requisiti indicati dall’OPCM n. 53/2013.

Il Comune di Riccione ha inoltrato domanda di contributo, attraverso apposita modulistica, trasmessa al Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna in data 27/06/2013, Prot. Gen. n. 24235 e nella medesima deliberazione n. 1919 del 16/12/2013 la Giunta Regionale ha assegnato i contributi di cui all’ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/13.

Nello svolgimento delle attività di studio previste dall’OCPC 52/13 si seguiranno i criteri definiti dall’All. “C” della deliberazione della Giunta Regionale n. 1919/2013 e lo studio di microzonazione sismica di I° e di II° livello di approfondimento sarà accompagnato dall’analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE) oltre che dall’archiviazione informatica di primo e secondo livello secondo le indicazioni dell’allegato “D” della medesima delibera.

Uniti in Raggruppamento Temporaneo di Professionisti, i sottoscritti Geologi Copioli Carlo, in qualità di capogruppo, Cucci Pietro, Pileggi Domenico, Tirincanti Jacopo e Vannoni Fabio, in qualità di mandatarî, Capacci Fausto in qualità di componente del gruppo di lavoro e con la consulenza scientifica del Prof.

Albarello Dario, sono stati incaricati di svolgere lo studio di microzonazione sismica di I° e di II° livello di approfondimento e dell'analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE).

Il Comune di Riccione essendo dotato di strumento urbanistico generale del PSC (Piano Strutturale Comunale) approvato in data antecedente al citato atto di coordinamento tecnico regionale (D.A.L. n. 112/07), non è dotato di uno studio volto alla riduzione del rischio sismico adeguato al sopravvenuto atto regionale. Infatti tale studio, in linea con la normativa vigente all'epoca, aveva correttamente individuato ed indagato macrozone omogenee per caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e litostratigrafiche e, di conseguenza, prodotto le cartografie tematiche di riduzione sismico poste a corredo del PSC. Pertanto lo studio di microzonazione sismica di I° e di II° livello di approfondimento con analisi della Condizione Limite d'Emergenza (CLE), potrà costituire, per gli aspetti di riduzione del rischio sismico, documentazione fondamentale a corredo del nuovo PSC o di sue varianti e approfondimento del Piano di Protezione Civile del Comune di Riccione. Lo studio di microzonazione sismica di I° e di II° livello di approfondimento è stato realizzato in ottemperanza a:

- Delibera di Assemblea Legislativa n. 112 del 02/05/07 della Regione Emilia-Romagna che ha approvato il seguente documento: *“Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 – Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio”, in merito a “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”,* seguita successivamente da una nota esplicativa redatta dai Servizi della Regione Emilia-Romagna con prot. n. 2007.0166430 del 22/06/07.
- Microzonazione Sismica - Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica – versione 3.0 – ottobre 2013, redatto dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica nominata con DPCM 21 aprile 2011.

2. INTRODUZIONE

A seguito di un terremoto, si ha spesso modo di osservare come la distribuzione dei danni sul territorio sia assai eterogenea a parità di vulnerabilità dell'edificato. Le condizioni geologico-tecniche degli strati più superficiali, nonché le caratteristiche geomorfologiche possono concorrere, infatti, ad accrescere localmente lo scuotimento indotto da un terremoto. Per un'efficace azione di prevenzione, in materia di rischio sismico, è necessario tener conto non solo, quindi, della zonazione sismica nazionale, ma anche di eventuali sfavorevoli condizioni locali, a scala intra-comunale. Particolarmente rilevanti sono i cosiddetti effetti di amplificazione di sito, ossia l'insieme delle variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, rispetto ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati sovrastanti, fino alla superficie. Tali effetti sono causati, essenzialmente, da un processo di intrappolamento e risonanza dell'energia del terremoto all'interno di un volume di sottosuolo costituito da materiali sedimentari a bassa impedenza sismica (IS: prodotto della velocità di propagazione dell'onda per la densità del mezzo attraversato) e posto sopra ad un dominio con più alta IS, per esempio un substrato roccioso o un suolo particolarmente rigido. L'identificazione delle aree soggette ad amplificazione sismica è dunque di fondamentale importanza per la pianificazione e lo sviluppo urbanistico comunale. Uno studio di questo genere prende il nome di Microzonazione Sismica ed ha lo scopo di individuare porzioni del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

La messa a punto di una procedura condivisa per lo studio di questi fenomeni è stata recentemente oggetto di un intenso lavoro di coordinamento e sintesi delle conoscenze finora disponibili da parte della Conferenza delle Regioni che, con il coordinamento del Servizio Nazionale della Protezione Civile, ha messo all'opera una grande quantità di tecnici ed esperti per la messa a punto, nel 2009, degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** (Fig. 2.1).

Le prime esperienze regionali sulla microzonazione dopo vari eventi sismici e alcune normative regionali su tale ambito hanno rappresentato le condizioni preliminari per creare delle basi comuni e condivise, recependo quanto è stato elaborato e sperimentato a livello scientifico e sviluppando le istanze espresse in vario modo dalle Regioni e dalle amministrazioni.

Il gruppo di lavoro, coadiuvato anche dalle osservazioni da parte di soggetti esterni (Consiglio nazionale dei Geologi, Consiglio nazionale degli Ingegneri, Associazione Geotecnica Italiana, ecc.), nel corso della sua attività ha evidenziato che la sperimentazione e l'applicazione degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** rientra a pieno titolo nei programmi nazionali di previsione e prevenzione previsti dall'articolo 4 della legge n°225 del 24 Febbraio 1992.



Figura 2.1: Copertina dell'elaborato "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"

Questo testo, che rappresenta un punto di riferimento per tutte le attività di microzonazione sismica ad opera degli Enti territoriali, definisce una serie di protocolli e tecniche di indagine del sottosuolo applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.

In funzione dei diversi contesti, dei diversi obiettivi e delle disponibilità economiche le linee guida (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica) prevedono 3 differenti livelli di approfondimento, con complessità, impegno e costi crescenti.

Livello 1: è un livello propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione sismica, in quanto consiste nella messa a punto di un quadro conoscitivo generale in base a dati preesistenti ed indagini a basso costo realizzate ex-novo. L'obiettivo è l'individuazione in pianta di una serie di settori definiti "microzone" all'interno dei quali è possibile ipotizzare un comportamento sismico dei terreni omogeneo.

Livello 2: introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee definite nel livello 1. A ciascuna microzona viene associato un fattore di amplificazione (FA) computato attraverso appositi abachi realizzati "ad hoc" per tutto il territorio regionale in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche.

Livello 3: restituisce una carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Nel presente rapporto tecnico-scientifico vengono illustrati gli elaborati e i prodotti informatici relativi alle indagini e agli studi svolti nell'ambito della Microzonazione Sismica al II livello di analisi, del Comune di Riccione (RN). In Tabella 2.1 è riportata una sintesi della documentazione e degli elaborati cartografici in allegato alla relazione:

Titolo Elaborato	Scala	N° tavole
Carta delle Indagini	1:10.000	1
Carte delle Frequenze naturali dei Terreni (F0, A0 - F1, A1 - F2, A2)	1:10.000	3
Carta delle Sezioni litotecniche	1:1.000	1
Carta Litologica	1:10.000	1
Carta Geologico Tecnica A e B	1:5.000	2
Carta delle MOPS	1:10.000	1
Carta delle Velocità delle onde di taglio S	1:10.000	1
Carta del Substrato	1:10.000	1
Carte di Microzonazione sismica	1:10.000	3

Nonostante le specifiche regionali redatte dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna prevedano di limitare tali studi alle zone urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale, il notevole quantitativo di informazioni pregresse omogeneamente distribuite sul territorio e l'agevole assetto geolito-logico dei terreni affioranti ha permesso di caratterizzare integralmente, da un punto di vista sismico, il territorio comunale di Riccione.

3. SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE

Per la definizione della sismicità storica di Riccione è stato consultato il Database Macrosismico Italiano DBMI11 (Locati et al., 2011). La Tabella 3.1 riporta per ogni evento sismico risentito: data, area epicentrale, intensità epicentrale I_0 (valori in scala MCS), magnitudo momento M_w (stimata da correlazioni empiriche o misurata) e intensità al sito I_s (MCS).

Tabella 3.1 – Storia sismica di Riccione (estratta dal DBMI11).

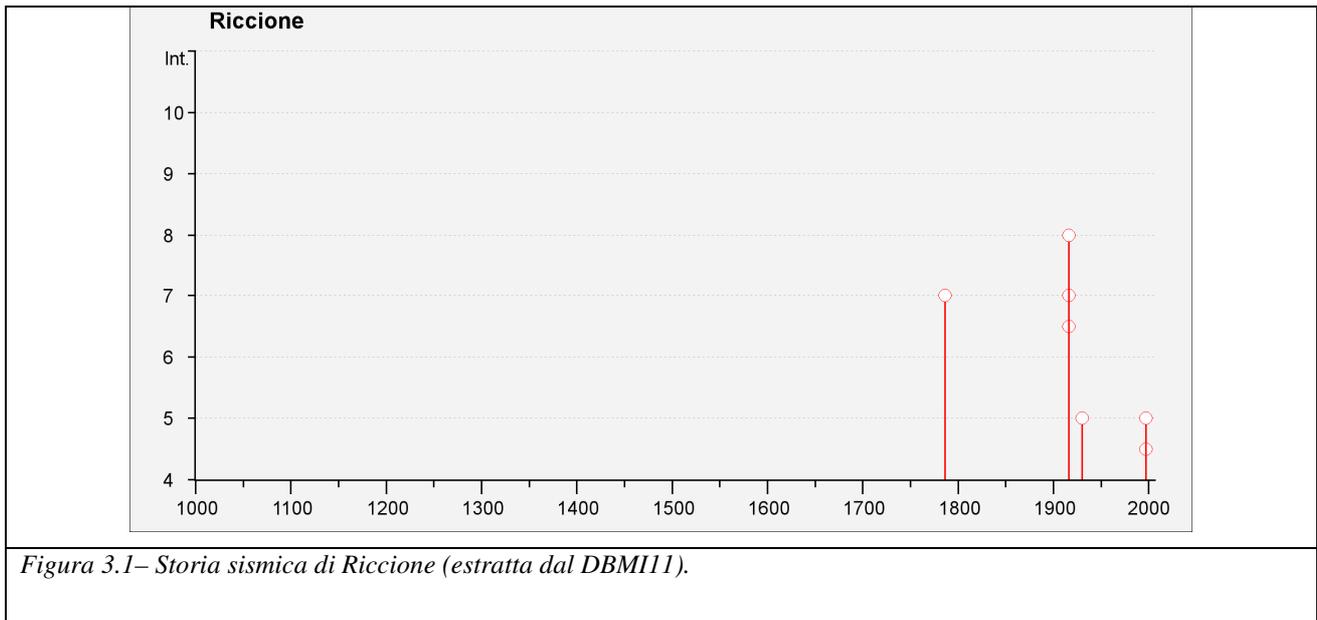
#	Data	Area Epicentrale	I_0 (MCS)	M_w	I_s (MCS)
1	1786 12 25 01:00	Riminese	8	5.62 ± 0.17	7
2	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	7	5.28 ± 0.11	F*
3	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico		5.95 ± 0.14	7
4	1916 06 16 01:27	Alto Adriatico			6-7
5	1916 08 16 07:06	Alto Adriatico		6.14 ± 0.14	8
6	1924 01 02 08:55	Medio Adriatico	7-8	5.36 ± 0.16	F
7	1930 10 30 07:13	Senigallia	8	5.81 ± 0.09	5
8	1983 11 09 16:29	Parmense	6-7	5.06 ± 0.09	NF*
9	1986 12 06 17:07	Bondeno	6	4.61 ± 0.10	NF*
10	1987 07 05 13:12	Valmarecchia	6	4.47 ± 0.09	3
11	1997 09 26 00:33	Appennino umbro- marchigiano		5.70 ± 0.09	4-5
12	1997 09 26 09:40	Appennino umbro- marchigiano	8-9	6.01 ± 0.09	5
13	1997 10 14 15:23	Appennino umbro- marchigiano	7-8	5.65 ± 0.09	2-3
14	1998 04 05 15:52	Appennino umbro- marchigiano	6	4.81 ± 0.09	NF*
15	2001 11 26 00:56	Casentino	5-6	4.72 ± 0.09	NF*
16	2003 12 07 10:20	Zona Forlì	5	4.22 ± 0.09	NF*

*N.F (not felt-non avvertito)

*F. (felt-avvertito)

Dal catalogo sono stati estratti 16 terremoti e l'esame della storia sismica indica che il massimo risentimento nell'area di Riccione ($VI \leq I_s \leq VIII$ MCS) è stato raggiunto in occasione dei terremoti dell'Alto Adriatico del 1916 ($M_w = 6.14$), e del terremoto del Riminese del 1786 ($M_w = 5.62$) (Figura 3.1).

In Figura 3.2 è possibile osservare gli epicentri degli eventi selezionati (solo eventi parametrizzati) in rapporto alle sorgenti sismo-genetiche individuate dal catalogo DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Ogni epicentro è individuato nella mappa in base al numero riportato nella prima colonna di Tabella 3.1.



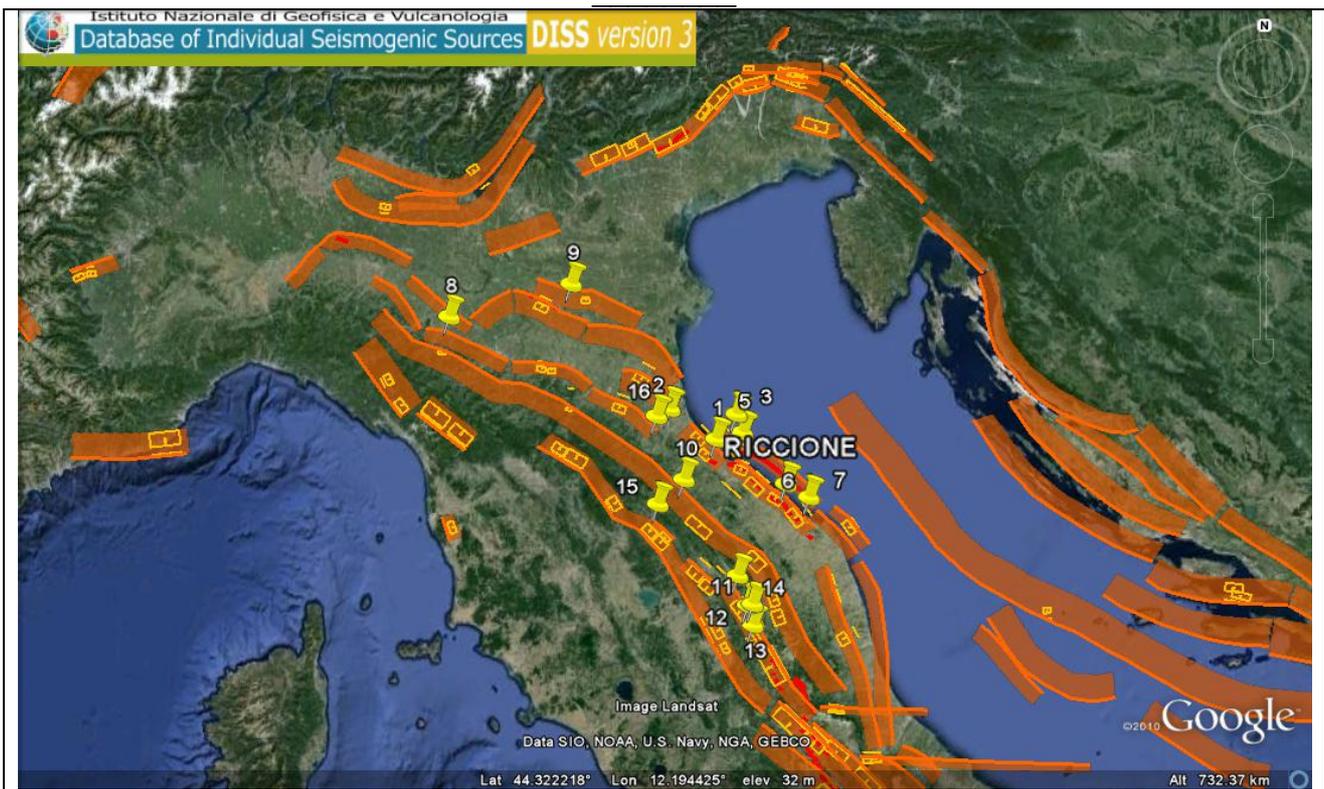


Figura 3.2–Epicentri degli eventi sismici selezionati da DBMI11 in rapporto alle sorgenti sismo-genetiche individuate dal catalogo DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

In base alla disposizione degli epicentri è possibile risalire alle aree sismo-genetiche che hanno contribuito maggiormente alla sismicità storica della zona di Riccione. In dettaglio si tratta di 3 differenti sistemi di faglia di cui 2 appenninici e 1 costiero.

Dal diagramma di disaggregazione in Figura 3.3 (T_r 475 anni) si osserva come i maggiori contributi alla pericolosità dell’area siano legati al sistema di faglie costiere adriatiche (inshore e offshore) entro i 20 Km di distanza. In maniera minore intervengono i grandi sistemi appenninici conosciuti in letteratura come Etrurian Fault System (EFS) e Umbria Fault System.

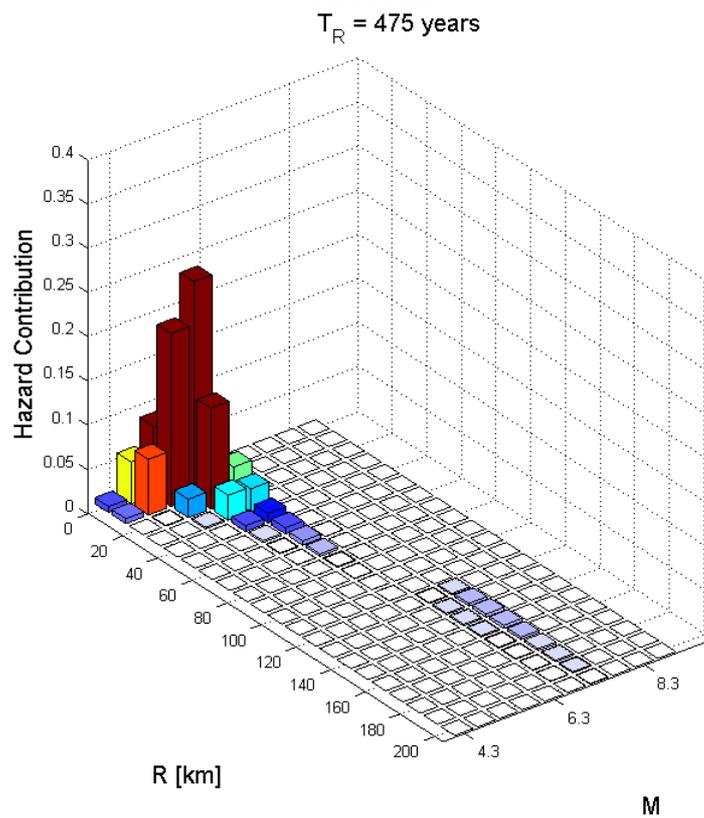


Figura 3.3–Diagramma di disaggregazione riferito all’area di Riccione.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL’AREA

4.1 Inquadramento tettonico regionale

L’appennino romagnolo è sinteticamente costituito da una catena principale e da una fascia marginale. La catena principale presenta uno stile tettonico ad ampie strutture (pieghe fagliate, accavallamenti, ecc) con

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

dominante orientamento appenninico: la successione è continua dal Langhiano al Messiniano per oltre 3.000 mt di spessore e cioè dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola con passaggio da una sedimentazione torbiditica ad una di ambiente lagunare a sedimentazione chimica e meccanica.

Di seguito si riporta uno schema tettonico dell'Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, 2004) e una sezione trasversale regionale (Fantoni e Franciosi, 2009) della bassa Romagna (Figure 4.1 e 4.2)

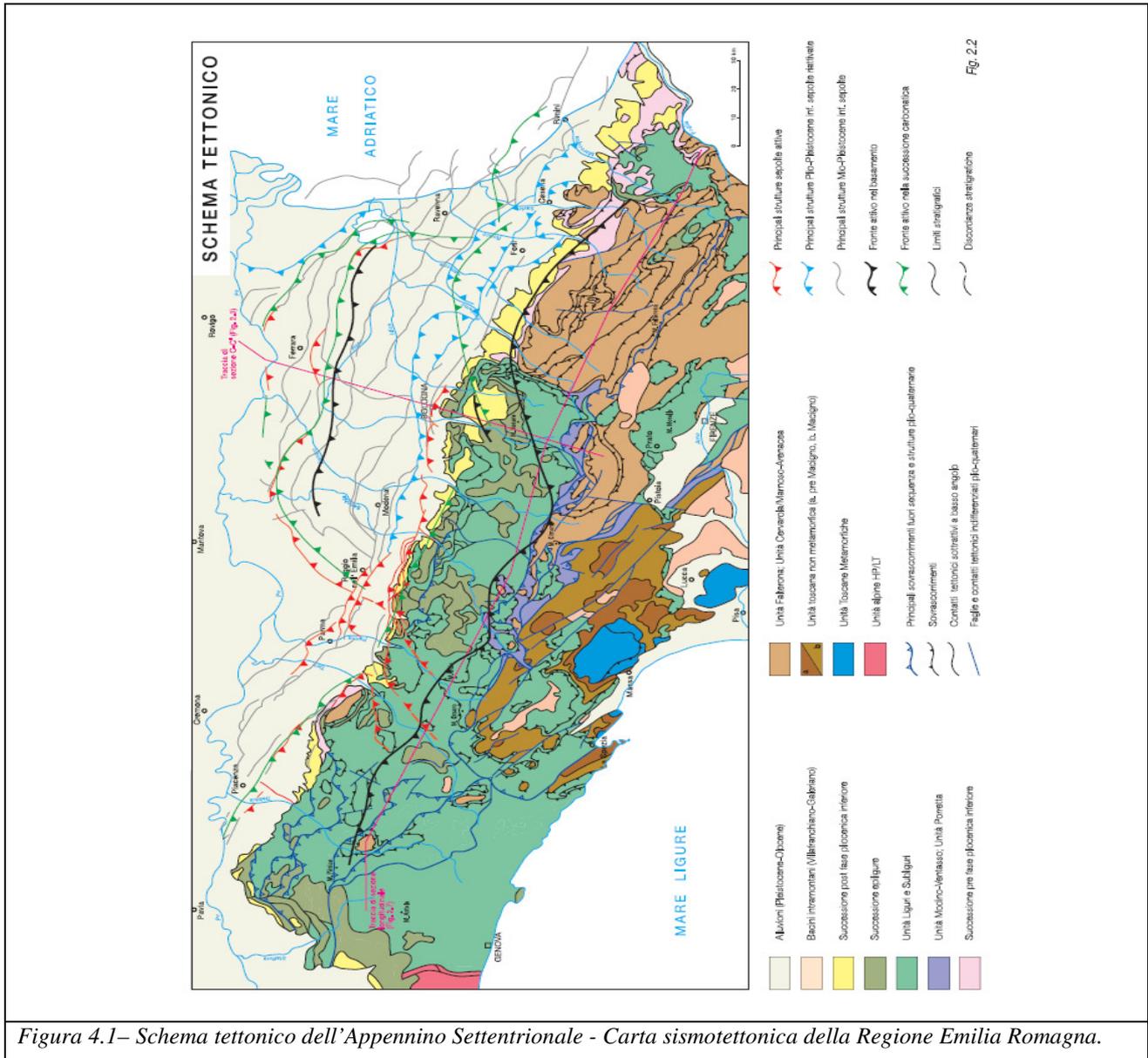


Figura 4.1– Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna.

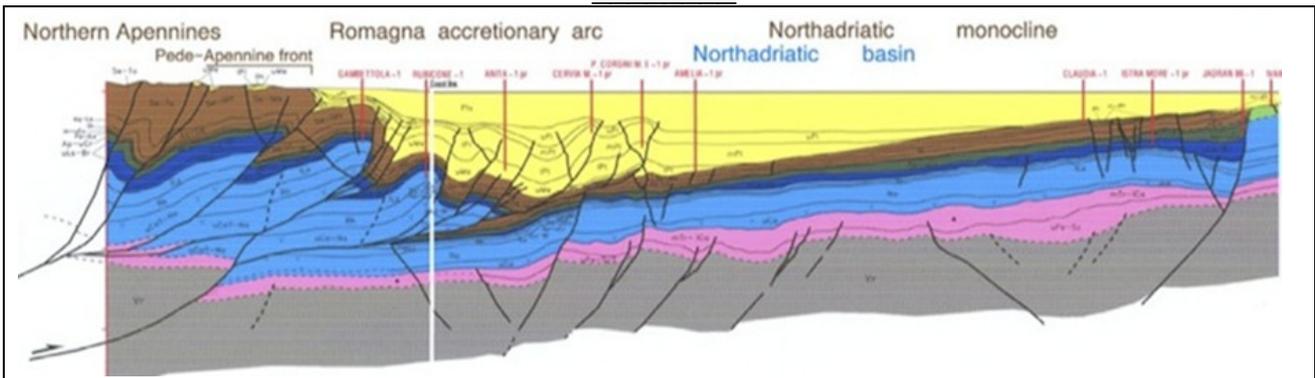


Figura 4.2– Sezione trasversale regionale della bassa Romagna (Fantoni e Franciosi, 2009)

L'area costiera risulta delimitata a SO da due megacolate gravitative della Coltre della Val Marecchia: la prima della fine del Tortoniano presenta numerosi ed ingenti esotici derivanti dai complessi "tosco-emiliani"; la seconda, originatasi per smembramento della prima dopo il sollevamento del paleoappennino interno nel pliocene inferiore, segue la regressione deposizionale (depositi marini per lo più di fase regressiva in Val Marecchia dello spessore anche di 1.700 mt) della successione pliocenica deposta sull'alloctono. Ad essa succedono le ultime spinte e faglie ad orientamento appenninico trasversale che hanno variamente dislocato i contatti della colata sia con il paleoautoctono che con il mesoautoctono e neoautoctono. Segue il ciclo pliocenico medio - superiore marino anch'esso con fase regressiva dominante e spessori anch'essi notevoli. Si succede poi un successivo ciclo pleistocenico inferiore marino sul cui tetto poggiano i depositi continentali-litorali del ciclo pleistocenico inferiore medio.

Gli eventi orogenetici che hanno portato alla successione stratigrafica attuale sono riconducibili alle spinte tettoniche, avvenute secondo direzione SW-NE, di origine appenninica e che hanno determinato, verso la fine del Miocene l'innalzamento dei depositi pliocenici. La linea di costa era collocata abbastanza vicino al limite di spartiacque che corrispondeva alla linea di cerniera tra aree in sollevamento e aree subsidenti. Tale linea era interrotta da faglie trasversali ad andamento antiappenninico (oggi ancora sismicamente attive) su cui si sono impostati gli assi di erosione fluviale di cui si segnala, per il territorio comunale, quello del Torrente Marano. Pertanto appare evidente come il bordo appenninico esterno e l'attuale fascia costiera siano il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che ha regolato e regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica.

Secondo le ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico entro la quale si è verificato un consistente accumulo di depositi soprattutto neogenici. La presenza di strutture tettoniche sepolte drappeggiate ed annegate da tali depositi, storicamente ipotizzata, è stata accertata attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche". In base alla ricostruzione bilanciata delle sezioni suddette attraverso la Pianura Padana si sono

messi in rilievo i caratteri geometrici delle deformazioni, i principali livelli di scollamento alla base della successione mesozoica e i raccorciamenti delle coperture. L'analisi del fronte sepolto ha rivelato un assetto tettonico ad accavallamenti arcuati e non lineari dovuta alla differente rigidità della crosta continentale superiore padana. La distribuzione di tali "embrici" nel tempo segue una propagazione anomala, per la riattivazione delle strutture al margine pedeappenninico, almeno fino al Pleistocene medio. Ciò è stato reso possibile dalla funzione di cerniera fra zone soggette a movimenti verticali opposti del lineamento pedeappenninico (Castellarin et alii, 1985 - *Giornale di Geologia*, ser. 3° vol. 47) rappresentato in zona dai primi rilievi di età pliocenica presenti nell'entroterra a ridosso della fascia costiera. Il lineamento è collegato ad un sistema di svincoli trasversali (elementi antiappenninici, vedi "linea della Val Marecchia") cinematicamente connessi con l'evoluzione differenziale dei vari segmenti del fronte appenninico.

Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica (Scandone, 1980) denominata "Avanfossa appenninico - adriatica" (Ori GG., Roveri M. e Vannoni F., 1986).

L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno della Avanfossa. Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio-peistocenica della zona di studio.

La tetto-genesi della nostra area inizia nel Tortoniano, in corrispondenza di una fase tettonica molto accentuata ad occidente, quando la fascia romagnolo - marchigiana interna, ubicata sul fronte della catena, costituisce una depressione fortemente articolata in piccoli bacini con sviluppo parallelo all'asse appenninico ("Bacini minori intrappenninici": Ricci Lucchi, 1975).

Il bordo appenninico esterno e l'avanfossa appenninico - adriatica propriamente detta, a cavallo dei quali ricade il territorio comunale di Riccione, iniziano a delinearsi durante il Messiniano migrando nella fascia esterna e trovano il loro massimo sviluppo nel pliocene inferiore quando la tetto-genesi appenninica raggiunge il suo acme e la catena si estende ormai su tutta l'area. Durante il pliocene medio - superiore la distensione, legata all'avanzamento del fronte estensionale tirrenico, comincia ad interessare la parte più interna della catena mentre i principali fronti compressivi sono ubicati nella fascia romagnolo - marchigiana esterna determinandone il sollevamento e la parziale emersione.

Nel pleistocene inferiore - medio i fronti compressivi migrano in Adriatico. Si hanno movimenti differenziali verticali delle aree che continuano anche nel "Pleistocene glaciale" influenzando lo sviluppo e la tipologia della sedimentazione.

L'attività tettonica non si è ancora esaurita, almeno nella fase avanzata dell'orogene (Pianura Padana, Adriatico) come è dimostrato dalla frequente attività sismica della regione.

4.2 Inquadramento geografico

Il territorio riccionese si colloca sulle ultime propaggini meridionali della Pianura Padana, che progressivamente tende a restringersi notevolmente sino a chiudersi completamente in corrispondenza del promontorio di Gabicce Monte, al confine con il territorio marchigiano.

I confini amministrativi sono a nord con il Comune di Rimini nei pressi dell'Aeroporto Civile di Miramare di Rimini e verso ovest lungo il torrente Marano; ad ovest confina con il Comune di Coriano, in parte con il Rio Melo ed in parte il confine corre parallelo alla fascia di territorio pedecollinare. A sud confina con il Comune di Misano Adriatico, interessando per l'ultimo tratto, fino al mare, il Rio Alberello. In direzione est è delimitato dal mare Adriatico.

Quale ultima propaggine della Pianura Padana, si tratta di un paesaggio sostanzialmente pianeggiante, soprattutto in prossimità della costa. Nell'entroterra è delimitato dalle ultime pendici collinari dei retrostanti rilievi appenninici, a sua volta caratterizzate da una morfologia generalmente dolce ed ondulata per la presenza di plastiche litologie argillose.

La superficie complessiva è di circa 17 Km², mentre l'altitudine dell'intero territorio oscilla tra gli estremi altimetrici di 0.0 mt sino a circa 63 mt s.l.m..

I principali corsi d'acqua presenti sul territorio sono il Torrente Marano e il Rio Melo, i quali attraversano il territorio riccionese con direzione SO-NE, mentre i corsi d'acqua minori sono rappresentati dallo scolo consorziale Rio dell'Asse, al confine Nord con il Comune di Rimini, il Rio Grande, affluente destro del Rio Melo, dallo scolo della Costa, che nasce dalle colline di Fontanelle e dallo scolo consorziale Alberello, al confine Sud con il territorio del Comune di Misano Adriatico.

La linea pedemontana appenninica che da NW si sviluppa verso SE, restringe la fascia di pianura prima di incontrare il mare Adriatico al punto che nella zona più meridionale a meno di un chilometro dalla linea di riva iniziano i primi rilievi collinari.

4.3 Assetto geologico

Le caratteristiche geologiche del territorio comunale non risultano di particolare complessità; esso comprende infatti le ultime pendici collinari di età sostanzialmente Plio - Pleistocenica, le alluvioni continentali terrazzate della pianura (Pleistocene-Olocene) e i depositi costieri (Olocene-attuali).

I terreni affioranti si sono venuti costituendo in posto (a differenza ad esempio di quelli alloctoni, mesoautoctoni e neoautoctoni della coltre affioranti nella Valmarecchia e nell'entroterra sammarinese che

sono migrati in senso orizzontale) e pertanto si presentano in successione stratigrafica normale, con termini più antichi in basso e i più recenti in alto.

Il territorio riccionese è caratterizzato per la parte collinare dai depositi di età Plio - Pleistocenica prevalentemente di natura argillosa (Formazione delle Argille Grigio – Azzurre). Tali depositi rappresentano il locale substrato formazionale su cui poggiano i sedimenti depositi dai corsi d'acqua, nel corso delle loro divagazioni, sedimenti limosi, sabbiosi e ghiaiosi di origine alluvionale. Verso mare questi sono interrotti da un gradino morfologico di alcuni metri di dislivello, falesia fossile o paleofalesia), a valle della quale sono presenti depositi sabbiosi di transizione di origine litorale, lagunare e marina.

Tali depositi costituiscono la piana costiera, estesa tra la falesia fossile e l'attuale linea di costa, che presenta una tipica morfologia generalmente pianeggiante, caratterizzate da un'ampia piana sabbiosa e originata dall'interazione tra processi continentali (alluvionali) e marini (litorali). La serie marina, che ricopre in contatto discordante quella alluvionale (trasgressione Flandriana), è costituita da sabbie medie o medio-fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono rinvenire alternanze sabbioso-limose e limo-argillose, che denotano un'elaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. La presenza occasionale di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati, denota sia la vicinanza di fonti d'apporto grossolano, sia elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondoso.

La scarpata netta della paleofalesia separa in modo riconoscibile, in affioramento, i depositi continentali alluvionali da quelli di transizione (marini, litorali) da Rivabella al confine con il Comune di Bellaria-Igea Marina, mentre in corrispondenza dell'abitato di Rimini risulta occultata dall'urbanizzazione e a sud appare poco percettibile. I depositi continentali presentano granulometrie più fini, soprattutto limo – argillose e sabbiose con spessori dell'ordine delle poche decine di metri e sono per lo più sedimentati per opera delle acque del sistema Torrente Marano - Rio Melo. Nella parte meridionale, tali depositi, appartenenti alla conoide alluvionale del Torrente Conca presentano anche litofacies grossolane sabbioso – ghiaiose.

4.4 Assetto geomorfologico

Il territorio del Comune di Riccione è situato sul margine padano - adriatico della catena appenninica e, come tale, è caratterizzato verso monte da basse colline a litologia generalmente argillosa (in subordine sabbiosa). Più a valle si distingue una pianura di origine alluvionale, che si restringe verso sud del territorio comunale fino a costituire uno stretto lembo compreso tra i rilievi collinari e i depositi litorali recenti ed attuali di origine marina.

I terreni più recenti poggiano su formazioni più antiche la cui messa in posto e/o venuta a giorno è sostanzialmente legata alla genesi ed evoluzione tettonica dei rilievi collinari, di cui le più rappresentative sono le anticlinali di Montefiore - Montescudo e Pesaro - Gabicce, costituite da una serie tardo miocenica caratterizzata al nucleo dalla formazione dello Schlier (Tortoniano - Elveziano), sulle cui pendici poggiano in discordanza stratigrafica i depositi più recenti di origine marina.

Quindi in corrispondenza dell'areale riccionese le formazioni costitutive delle anticlinali di Montefiore-Montescudo e Pesaro - Gabicce scompaiono immergendosi sotto la copertura pliocenica di origine marina la quale, a sua volta, risulta incisa e modellata dalla idrografia esistente, secondo diverse fasi alternativamente erosive e deposizionali sviluppatasi in era Quaternaria.

La sequenza dei cicli glaciali e interglaciali ha determinato infatti, abbassamenti ed innalzamenti del livello marino documentati nelle valli e nelle pianure dalla presenza dei terrazzi alluvionali di vario ordine e quota; determinando altresì l'accumulo di grandi spessori di alluvioni. Tali alluvioni risultano organizzate secondo sequenze deposizionali solitamente interdigitate e di carattere litologicamente variabile, in funzione dell'ambiente deposizionale e del contesto morfologico originario. A ciò avrebbe contribuito anche il fenomeno della subsidenza, esplicatosi sia tramite l'attività di una serie di faglie parallele alla costa che quale effetto di fenomeni riaggiustamento isostatico.

Gli agenti geomorfologici del paesaggio sono legati a due tipi di genesi: naturale ed antropica. Entrambi i processi sono di tipo selettivo a seconda che il territorio sia in pianura o in collina, oppure lambito dal mare o solcato dai corsi d'acqua.

Tra gli agenti di tipo naturale, la gravità e le acque di deflusso superficiale agiscono in modo preponderante sui terreni collinari: in relazione all'uso del suolo (ad esempio più incisiva sul seminativo semplice che sul seminativo erborato) l'azione delle acque superficiali determina dapprima un ruscellamento diffuso che talvolta evolve in ruscellamento concentrato. Tali azioni agiscono in concomitanza con la gravità e, nei terreni di tipo argilloso-limoso, danno origine a morfologie concave e convesse o, più in generale, a pendio irregolare.

Nella zona di pianura alluvionale gli agenti morfodinamici naturali sono rappresentati dalle acque di deflusso superficiale rappresentate soprattutto dai principali corsi d'acqua quali il Torrente Marano e il Rio Melo.

I principali conoidi fluviali considerati anche nel loro sviluppo marino sono 2: quella del sistema Rio Melo – Torrente Marano e, marginalmente, quella del Torrente Conca con forma complessiva vagamente triangolare.

La conoide del Conca è un importante serbatoio di acqua dolce. Nel suo interno, infatti si sviluppa un complesso acquifero dalle cui falde profonde si approvvigiona, talvolta, anche l'acquedotto di Riccione. Le

falde freatiche contenute nell'acquifero principale traggono alimentazione da più parti: precipitazioni meteoriche, dispersione da serbatoi artificiali. La ricarica avviene direttamente e indirettamente tramite le

acque di precipitazione che cadono sui versanti argillosi e per scorrimento superficiale o ipodermico e arrivano ai limiti all'area alluvionale infiltrandosi nel sottosuolo.

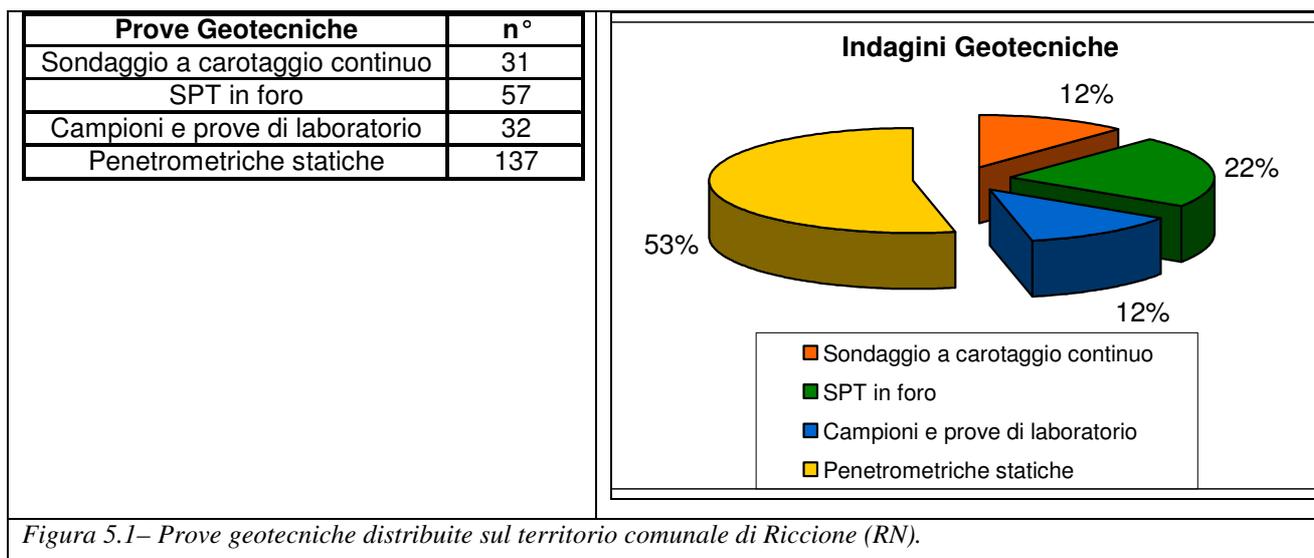
5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini associate agli strumenti urbanisti del Comune di Riccione (Piano Strutturale Comunale -PSC e Piano Operativo Comunale-POC) hanno permesso di delineare un quadro conoscitivo preliminare del territorio finalizzato alla successiva realizzazione del modello geologico di riferimento (come previsto dagli approfondimenti di I livello della Microzonazione Sismica). Nel corso degli anni, le varie amministrazioni hanno sia realizzato nuove indagini (per lo più finalizzate all'edilizia pubblica ed alla conoscenza del territorio) sia raccolto ed archiviato indagini dell'edilizia privata.

In dettaglio, si tratta di 257 prove di tipo geotecnico e 125 prove di tipo geofisico uniformemente distribuite su tutto il territorio comunale.

Le informazioni pregresse sono state integrate con 43 ulteriori prove di sismica passiva raggiungendo un totale di 425 indagini disponibili ai fini della Microzonazione Sismica.

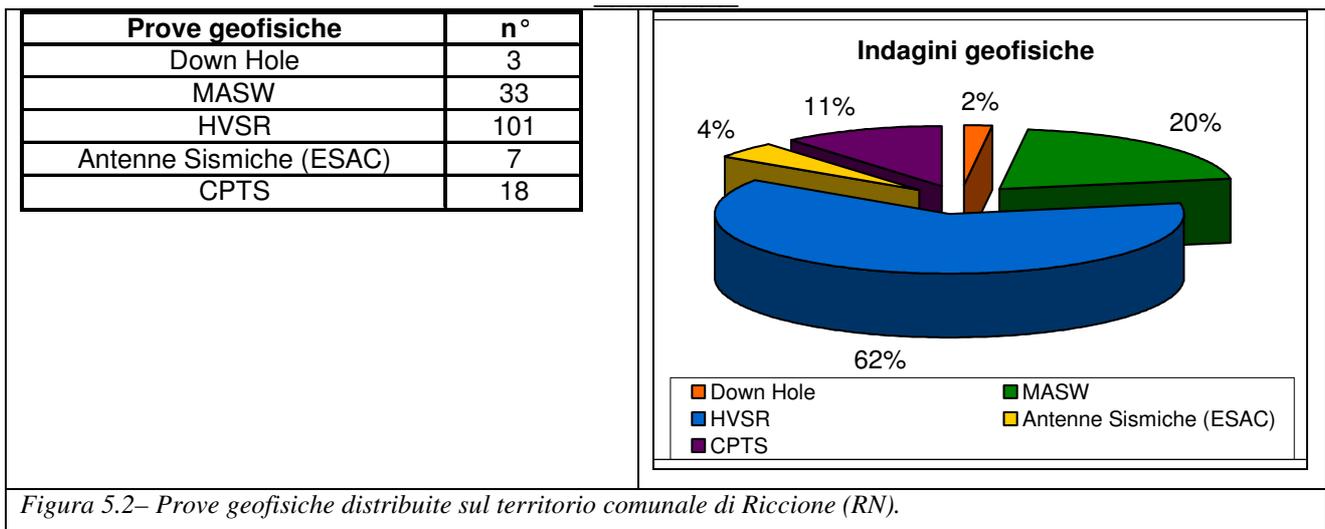
Le figure che seguono (Fig. 5.1 e 5.2) riassumono le differenti tipologie di indagini distribuite sul territorio comunale di Riccione (RN).



Tutte le prospezioni disponibili sono state classificate e archiviate all'interno di un sistema informativo territoriale (G.I.S.) come previsto dagli standard di rappresentazione e archiviazione dati per la Microzonazione Sismica versione 3.0.

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp

Nella “Carta delle Indagini”, in allegato alla relazione, è possibile visualizzare l'ubicazione di ciascuna delle prospezioni a disposizione.

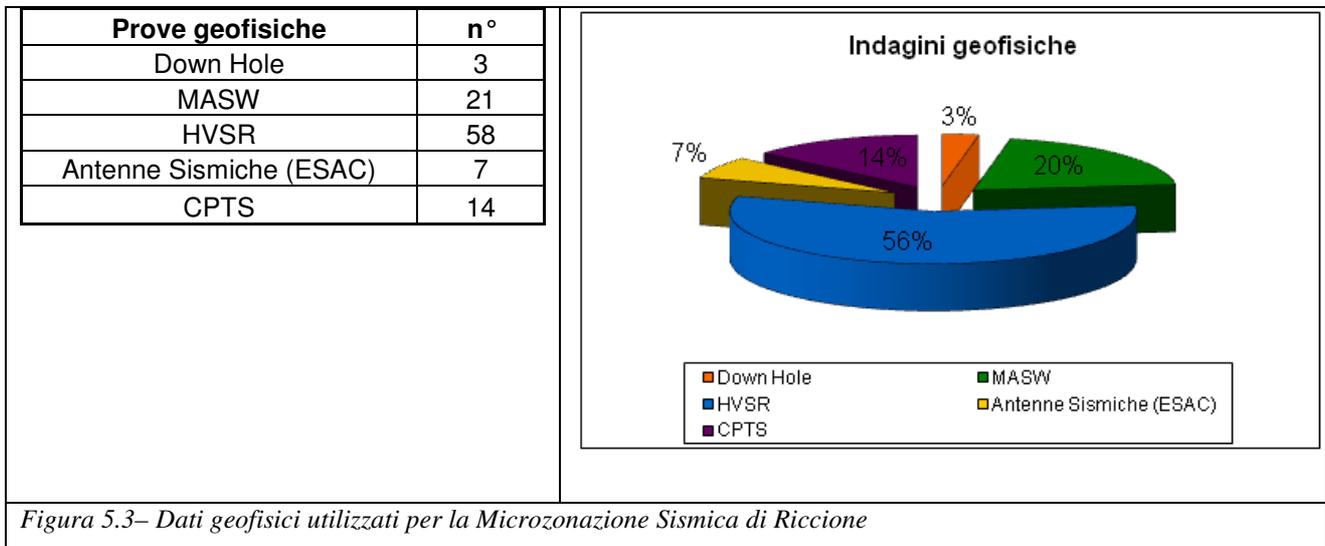


Attraverso il data-base associato alla mappa è inoltre possibile visualizzare eventuali “report” e/o informazioni sulla modalità di realizzazione delle prove oltre alla data di esecuzione di quest’ultime (in tal modo è possibile immediatamente distinguere tra dati pregressi ed indagini integrative realizzate appositamente per gli studi di Microzonazione).

La fase di inserimento dati, legata alla realizzazione della “Carta delle Indagini” e del relativo DB, ha permesso una attenta revisione critica del materiale pregresso disponibile. In particolare, nonostante nella Carta delle Indagini vengano riportate tutte le prospezioni disponibili, è stato scelto di escludere dalle successive fasi del lavoro:

- N. 43 misure a stazione singola HVSR;
- N. 12 antenne multicanale tipo MASW;
- N. 4 prove CPTS.

In base ai tagli effettuati la totalità del dato geofisico utilizzato negli studi di Microzonazione Sismica di Riccione è stato ridotto all’incirca del 35% passando da 168 a 109 punti di misura (Figura 5.3).



5.1. Indagini integrative

5.1.1 Principali tecniche di indagine per la stima del profilo Vs

L'analisi dei fenomeni di amplificazione locale coincide con lo studio degli effetti di risonanza legati alle onde trasversali o di taglio. Per tale ragione, quantificare l'andamento delle velocità di propagazione di questa tipologia di onde nel primo sottosuolo (profilo Vs) rappresenta un'informazione essenziale ai fini della caratterizzazione meccanica (in campo dinamico) dei terreni.

Stime del profilo Vs vengono realizzate in sito attraverso appropriate prospezioni di tipo geofisico condotte, in base alle condizioni logistiche e alle profondità da esplorare, con differenti modalità esecutive:

Indagini sismiche di tipo diretto: Come dice il nome stesso questa tipologia di prospezioni ha il non trascurabile vantaggio di fornire una stima "diretta" delle velocità delle onde S. La tecnica d'indagine consiste nel generare, attraverso una sorgente artificiale (colpo di martello o piccoli esplosivi) un treno d'onde nel sottosuolo e misurare i tempi di arrivo della perturbazione in corrispondenza di una serie di sensori (geofoni) posti sulla superficie del terreno (indagine di sismica a rifrazione) o all'interno di un foro di perforazione appositamente attrezzato (indagine down-hole). I principali svantaggi di tali metodologie risiedono, sia nell'esiguo volume di sottosuolo esplorato (con una comune attrezzatura difficilmente si va oltre i 30 metri di profondità), sia nei costi d'indagine relativamente alti.

Indagini sismiche di tipo indiretto: Sono metodologie basate sull'analisi delle proprietà dispersive delle onde Superficiali (onde di Rayleigh) nei mezzi stratificati. Lo scopo di questa tipologia di prospezioni è risalire ad una funzione caratteristica del terreno (curva di dispersione) univocamente correlata alla struttura

meccanico-stratigrafica del sito. Considerando che le onde Superficiali sono essenzialmente un prodotto delle onde di Volume e in particolar modo delle onde trasversali (S) è possibile, a partire dalla curva di dispersione, risalire in maniera indiretta al profilo di velocità V_s attraverso opportune procedure numeriche di inversione dati.

Le indagini di tipo indiretto vengono spesso diversificate, in base alla sorgente energizzante utilizzata per sollecitare i sensori, in "attive" e "passive":

Indirette Attive: Come le più comuni tecniche dirette, sfruttano sorgenti di tipo artificiale (colpo di martello) e una distribuzione lineare dei sensori sul terreno (MASW). Il principale vantaggio di questa tipologia di acquisizione consiste, oltre alla velocità ed al basso costo della prova, nell'ottima risoluzione che si ottiene nel caratterizzare gli strati di terreno maggiormente superficiali.

Indirette Passive: Utilizzano come fonte di energia la continua vibrazione del terreno, sia di origine antropica sia naturale, definita Rumore Sismico Ambientale o semplicemente Vibrazione Ambientale. I rilievi di tipo passivo sono generalmente realizzati attraverso distribuzioni bidimensionali dei sensori e raggiungono profondità di esplorazione dell'ordine delle centinaia di metri. Il principale svantaggio di questa tipologia di prova consiste in una scarsa risoluzione per gli strati più superficiali e in un ambiguità interpretativa, spesso, non trascurabile. Tuttavia, tali indagini, se associate ad una conoscenza preliminare delle condizioni del sito che ne "guidi" l'interpretazione, risultano essere strumenti conoscitivi molto potenti. La sismica passiva, oltre ad essere applicata su stendimenti che prevedono l'utilizzo congiunto di più sensori, può essere inoltre, realizzata attraverso un'unica stazione di misura. Questa tecnica, conosciuta come metodologia HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), differentemente da ogni altra prospezione di tipo indiretto non ha lo scopo di ricavare le proprietà dispersive dei materiali bensì le modalità di vibrazione del terreno. Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare, infatti, la principale frequenza di vibrazione del suolo definita di "risonanza" e sfruttarla per scopi stratigrafici.

5.1.2 Campagna di misure geofisiche integrative

Dal 03/06/2014 al 06/06/2014 sono state realizzate n. 43 indagini di tipo geofisico per la Microzonazione Sismica del territorio comunale di Riccione (RN). Si tratta di prospezioni non invasive di tipo indiretto basate sull'analisi delle fasi d'onda Superficiali (onde di Rayleigh) condotte in modalità "passiva" (HVSR e Antenna Sismica Multicanale).

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

In Tabella 5.1 è riportata una suddivisione di dettaglio delle prospezioni svolte, mentre in Figura 5.4 è possibile osservare una parte della documentazione fotografica realizzata durante la campagna di acquisizione dati.

Tabella 5.1 – Suddivisione per tipologia delle indagini geofisiche integrative per la Microzonazione Sismica di Riccione (RN)

Indagini Geofisiche	
Sismica Passiva	N. Prospezioni
Stazione Singola (HVSr)	36
Antenna Sismica 2d (ESAC)	7

Le prospezioni su antenna sismica (ESAC) sono state realizzate con un acquirente Brain-Spy a 16 canali e 24 bit equivalenti prodotto da Micromed s.p.a.. Le registrazioni del campo di Vibrazioni Ambientali sono state eseguite per un tempo minimo di 20 minuti per mezzo di 16 sensori ad oscillazione verticale con frequenza propria a 4.5 Hz. I sensori sono stati disposti su geometrie bidimensionali con interdistante irregolari. Il dato rilevato è stato successivamente elaborato con tecnica ESAC per la computazione della curva di dispersione legata alle onde di Rayleigh (Ohori et al, 2002).



Figura 5.4– Documentazione fotografica realizzata durante la campagna integrativa di acquisizione dati

Accanto alle metodologie su antenna sono, inoltre, state eseguite 36 misurazioni di tipo passivo su stazione singola HVSR (Bard, 1999). Per quest'ultime registrazioni è stato impiegato un velocimetro tridirezionale

modello Tromino prodotto dalla Micromed s.p.a. (<http://www.tromino.eu/>). Come per le antenne sismiche, le acquisizioni a stazione singola sono state eseguite per un tempo minimo di 20 minuti.

La computazione delle curve dei rapporti spettrali (che permettono di risalire alla Frequenza di Risonanza del terreno) sono state elaborate con software Grilla (in dotazione al Tromino). Le procedure di elaborazione adottate per le misure a stazione singola sono espone in Picozzi et al., 2005.

In Figura 5.5 viene mostrata l'ubicazione delle prospezioni di tipo geofisico realizzate ex-novo per la Microzonazione Sismica di Riccione.

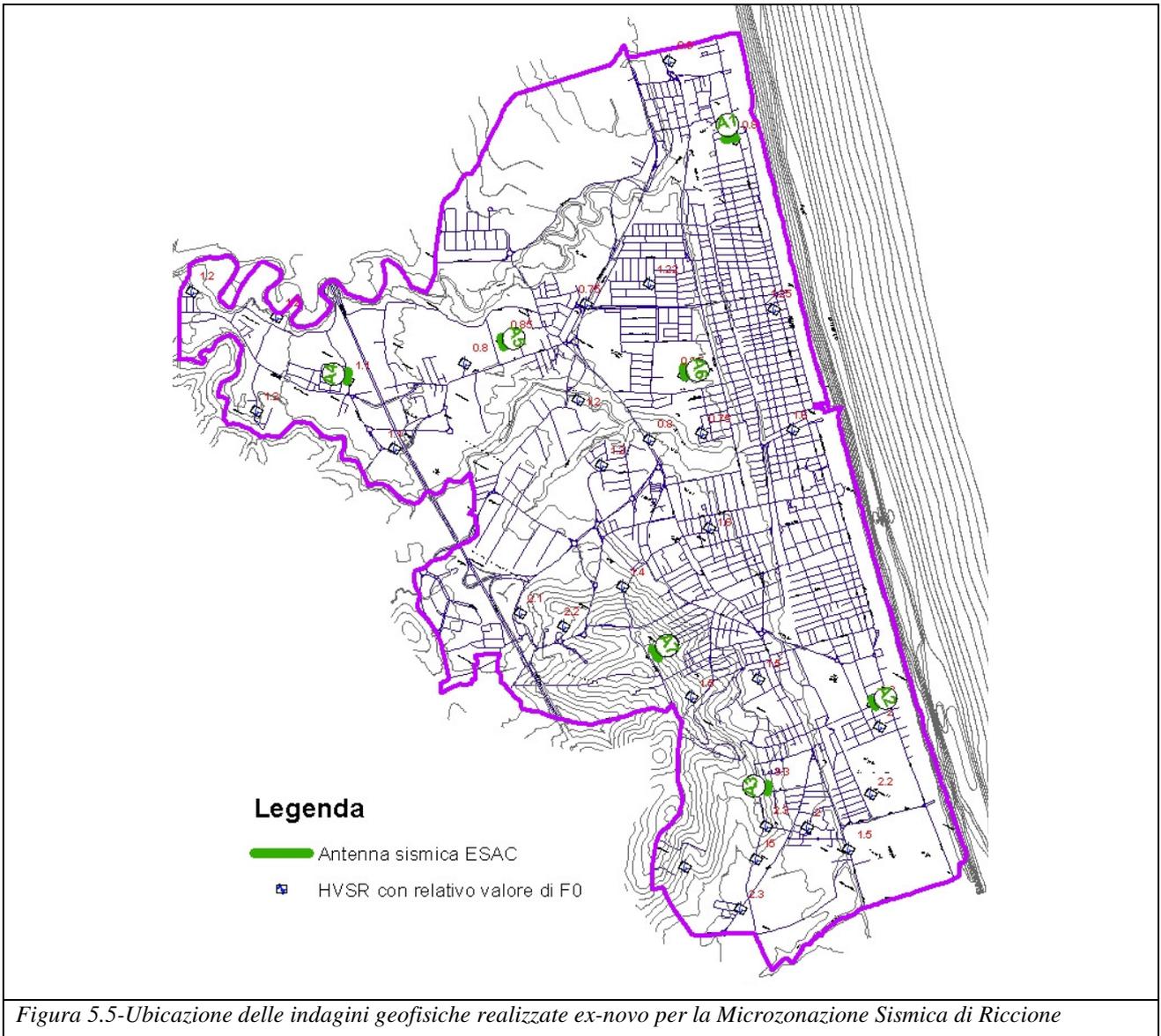


Figura 5.5-Ubicazione delle indagini geofisiche realizzate ex-novo per la Microzonazione Sismica di Riccione

Indagini su antenna sismica

Prima di definire l'andamento della velocità delle onde di Taglio (S) nel primo sottosuolo sono state calcolate le curve di dispersione per le antenne multicanale realizzate sul territorio comunale di Riccione. Per tutte le antenne sismiche è stato possibile operare su un'ampia superficie libera che garantisca un buon accoppiamento tra sensori e terreno.

In Figura 5.6 è mostrato un confronto tra le curve di dispersione computate con tecnica ESAC per le varie postazioni.

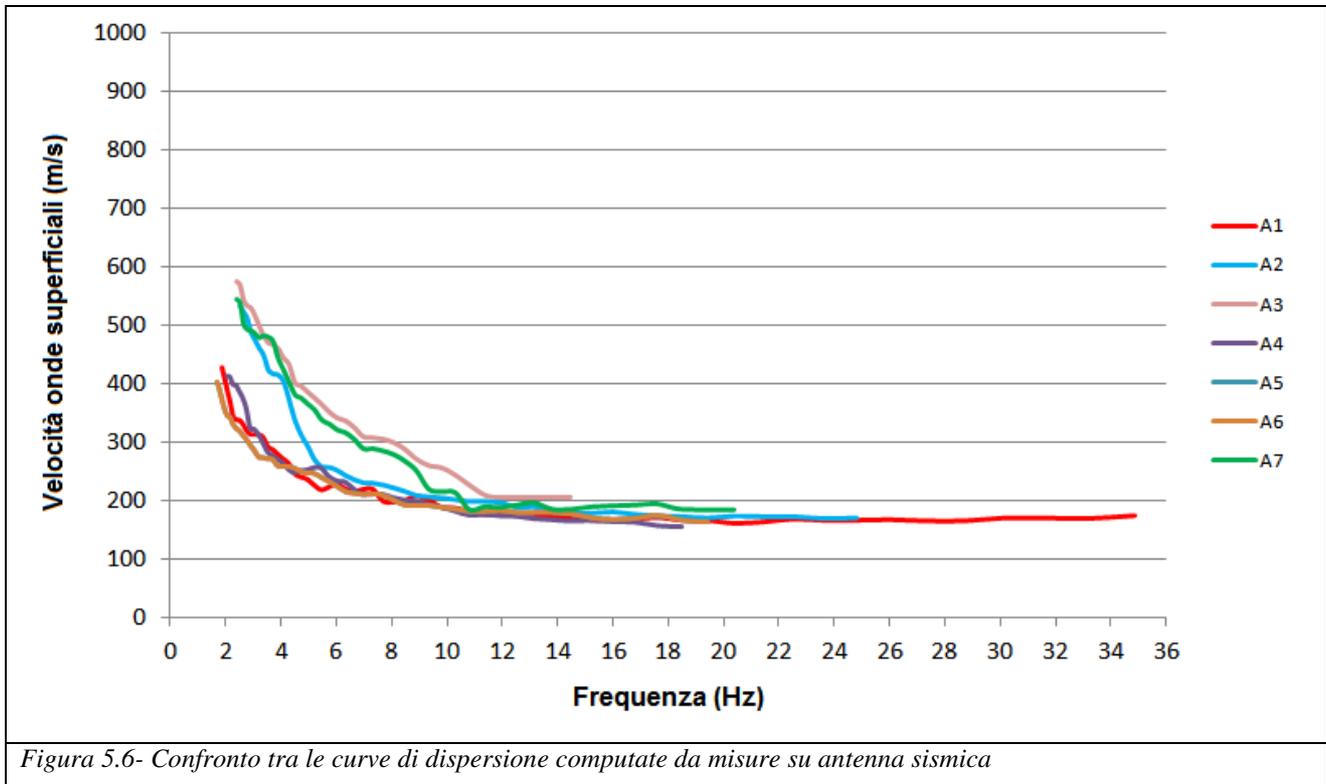


Figura 5.6- Confronto tra le curve di dispersione computate da misure su antenna sismica

Le velocità evidenziate dalle basse frequenze delle curve riferite alle antenne A3 ed A7, ubicate nella porzione Sud-Ovest del territorio in studio, dimostrano infatti, che è stata intercettata una rilevante porzione del substrato geologico (formazione delle argille grigio-azzurre).

Se si osserva, l'ubicazione dell'antenna A2, è possibile notare inoltre come, essendo quest'ultima spostata leggermente più a Est rispetto alla A3 e A7, rappresenti una condizione intermedia tra gli andamenti evidenziati dalle curve A1, A4 A5, A6 (substrato profondo) e le curve A3 e A7 (substrato superficiale).

Com'è possibile osservare le curve mostrano tutte un tipico andamento dispersivo con due differenti andamenti principali: le curve A1, A4, A5, A6 mostrano incrementi di velocità compresi tra 200 e 400 m/s mentre per le curve A2, A3, A7 gli incrementi sono compresi tra 200 e 550 m/s. Tali differenze trovano notevole corrispondenza con l'andamento del substrato geologico che in generale risale da Nord verso Sud raggiungendo la minima profondità in prossimità dell'area collinare ubicata a Sud-Ovest nei pressi del limite territoriale comunale.

Indagini a stazione singola (HVSR)

Le curve dei rapporti spettrali riferite alle acquisizioni a stazione singola realizzate ex-novo per gli studi di Microzonazione Sismica mostrano tutte massimi risonanti compresi all'incirca tra 0.8 e 2.3 Hz con valori di

ampiezza mediamente compresi ampiezza tra 2 e 2.5. Poiché le frequenze individuate ricadono all'interno dell'intervallo ingegneristico di risonanza degli edifici (compreso all'incirca tra 0.5 e 20 Hz) è possibile affermare che il sito di studio è soggetto a fenomeni di amplificazione sismica.

Osservando i valori di frequenza riportati in Figura 5.5 è evidente un progressivo aumento di quest'ultimi da Nord verso Sud. Anche in questo caso esiste una ottima corrispondenza con l'andamento del substrato geologico di Riccione.

5.2. Andamento delle Vs nel primo sottosuolo

Le curve di dispersione e le curve dei rapporti spettrali calcolate nelle medesime postazioni sono state utilizzate congiuntamente nelle simulazioni numeriche di "inversione dati" per la stima dei profili di velocità delle onde di taglio (Vs). In particolare, sono state realizzate una serie di simulazioni attraverso un software (realizzato da G. Gargani e E. Lunedei dell'Università degli Studi di Siena) basato su di un algoritmo di tipo "genetico" con lo scopo di effettuare una prima valutazione delle incertezze sui modelli Vs. Le tecniche d'inversione, infatti, non permettono di risalire ad un unico modello di velocità (non esiste l'univocità della soluzione) ma, ciascuna elaborazione, porterà alla identificazione di un possibile profilo di velocità parzialmente differente dal precedente ma ugualmente compatibile con i dati di campagna. Ripetendo, dunque, le procedure sarà possibile determinare un insieme di modelli equivalenti che definisce l'effettivo potenziale informativo delle indagini effettuate, ovvero determina l'incertezza associata ai valori di velocità (Vs) alle diverse profondità. Ovviamente, questa valutazione di incertezza è tanto più accurata tanto maggiore è lo spazio di soluzioni esplorato dalla procedura di inversione. Alla luce di quanto appena espresso è stato scelto di realizzare dieci elaborazioni di inversione congiunta per ciascuna antenna sismica in maniera tale da determinare l'effettiva variabilità delle possibili soluzioni in tale casistica. Il livello di compatibilità di ciascun modello con le osservazioni è stato quantificato mediante un apposito parametro (misfit o disaccordo).

In Figura 5.7, a titolo di esempio, vengono riportati i 10 profili Vs calcolati da inversione congiunta per l'antenna sismica A4 e la misura a stazione singola T77 (i profili associati alle restanti misure sono visualizzabili nei report associati al DB della Microzonazione Sismica).

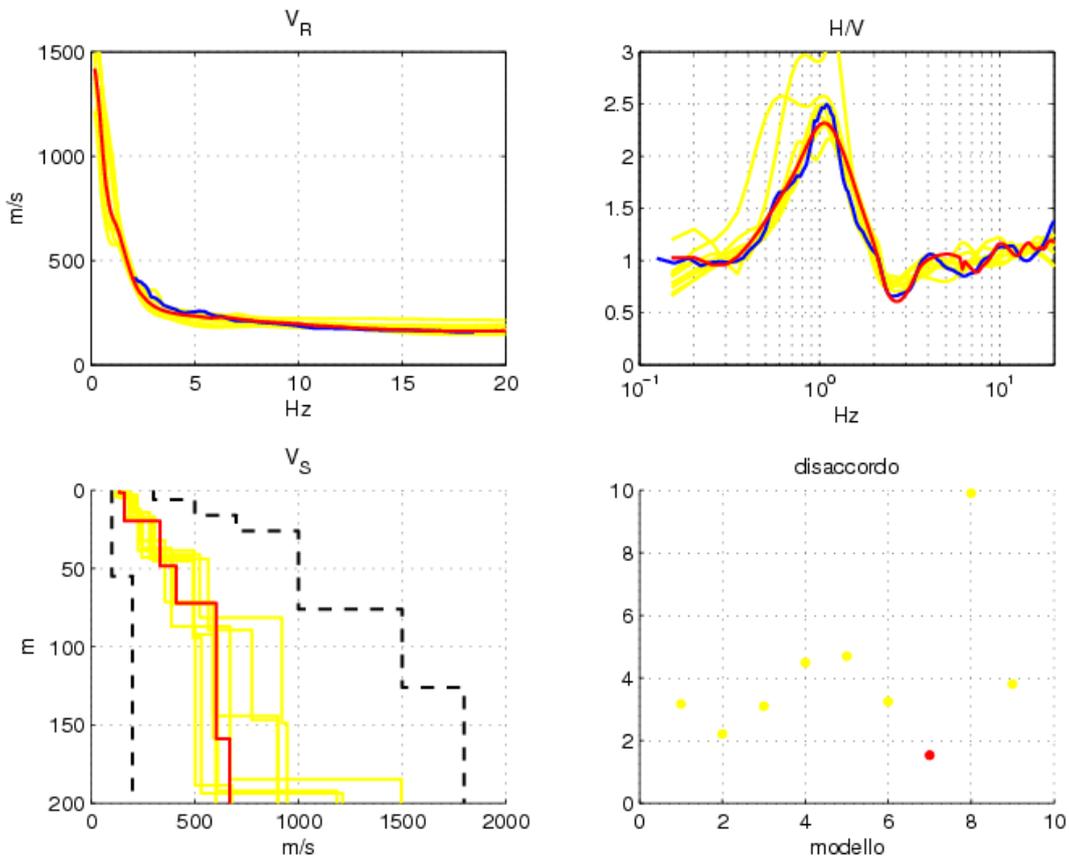


Figura 5.7-Risultati delle simulazioni realizzate con l'algoritmo genetico riferite all' antenna A4. Nel pannello in basso a sinistra i 10 profili Vs; nei pannelli superiori sono riportate le correlazioni tra dati sperimentali (in blu) e le curve teoriche; nel pannello in basso a destra è visualizzato il valore di misfit o disaccordo per ciascun risultato. Le curve in rosso si riferiscono al miglior risultato in termini di misfit; in giallo i restanti risultati; nel pannello in basso a sinistra sono riportati in nero tratteggiato i limiti di ricerca assegnati al software d'inversione.

Il modello N.7 (evidenziato in rosso), che rappresenta il miglior risultato in termini di disaccordo tra curve sperimentali e teoriche, è stato scelto, tra i 10 disponibili, come maggiormente rappresentativo delle condizioni geo-meccaniche alla postazione A4.

6. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

6.1 Quadro geologico preliminare

Il territorio comunale di Riccione è ubicato in un settore compreso tra la fascia costiera e i primi rilievi collinari pliocenici dell'entroterra romagnolo. Per la ricostruzione del modello geologico preliminare sono state consultate, in prima istanza, alcuni elaborati reperibili presso il sito della Regione Emilia Romagna.

In dettaglio, si tratta di una sezione geologica lungo costa (n. 97 in Figura 6.1) e un sondaggio stratigrafico nell'entroterra (area del casello autostradale A14 di Riccione sud) spinto alla profondità di 43 m (Figura 6.1).

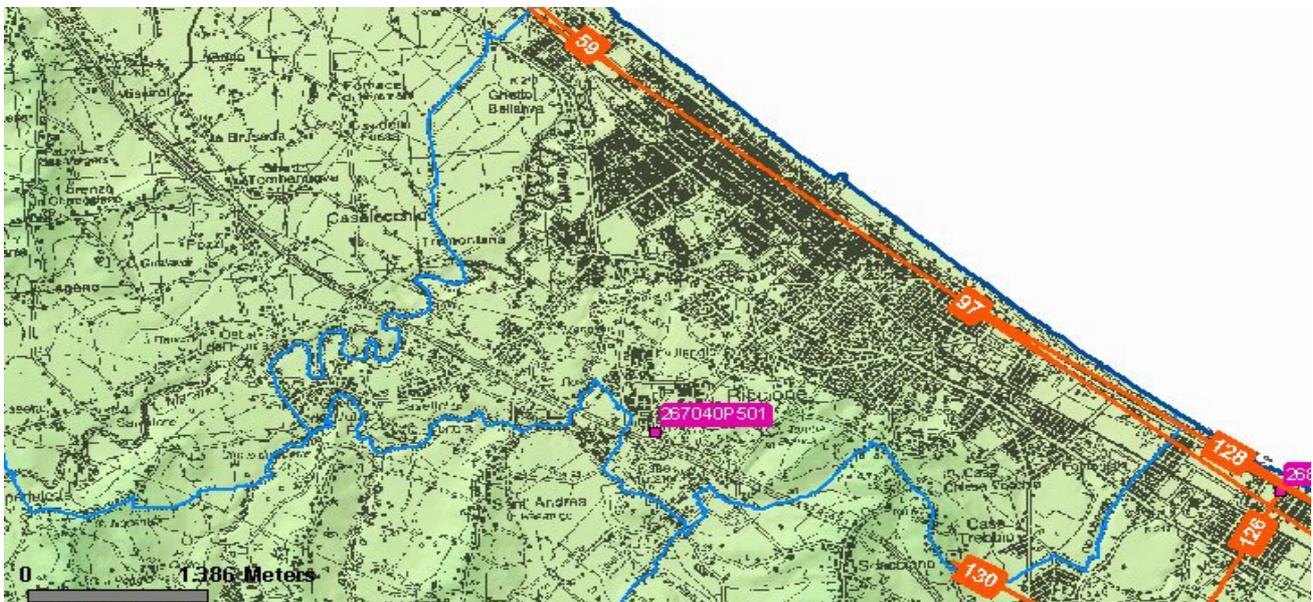


Figura 6.1- Ubicazione della sezione costiera N. 97 e sondaggio geognostico realizzato presso il casello autostradale Riccione Sud.

Dalla sezione geologica N. 97 (Figura 6.2) è possibile rilevare come il sottosuolo all'altezza della fascia costiera rechi uno spessore compreso tra 30 e 40 m di depositi continentali alluvionali. Tale spessore viene confermato come piuttosto costante anche verso l'entroterra; infatti la presenza dei terreni marini del substrato (bedrock), alla profondità di circa 35 m al di sotto dei depositi continentali alluvionali, è ben individuabile nel sondaggio stratigrafico (compaiono fossili marini a partire dalla suddetta quota, Figura 6.3). I depositi continentali appartenenti alla Unità idrostratigrafica "A" (pleistocene medio – superiore; Regione Emilia Romagna, ENI – AGIP, 1998 Riserve idriche della Regione Emilia Romagna a cura di G. di Dio) giacciono con assetto stratigrafico suborizzontale sui terreni di origine marina del substrato plio-pleistocenico (Unità idrostratigrafiche "B" e "C" rappresentate in loco dalle Sabbie Gialle di Imola e principalmente dalla Formazione delle Argille Grigio - azzurre) coinvolto negli accavallamenti che

rappresentano le strutture tettoniche sepolte citate nel paragrafo 4.1 e pertanto in netta discontinuità stratigrafica rispetto ai terreni sovrastanti.

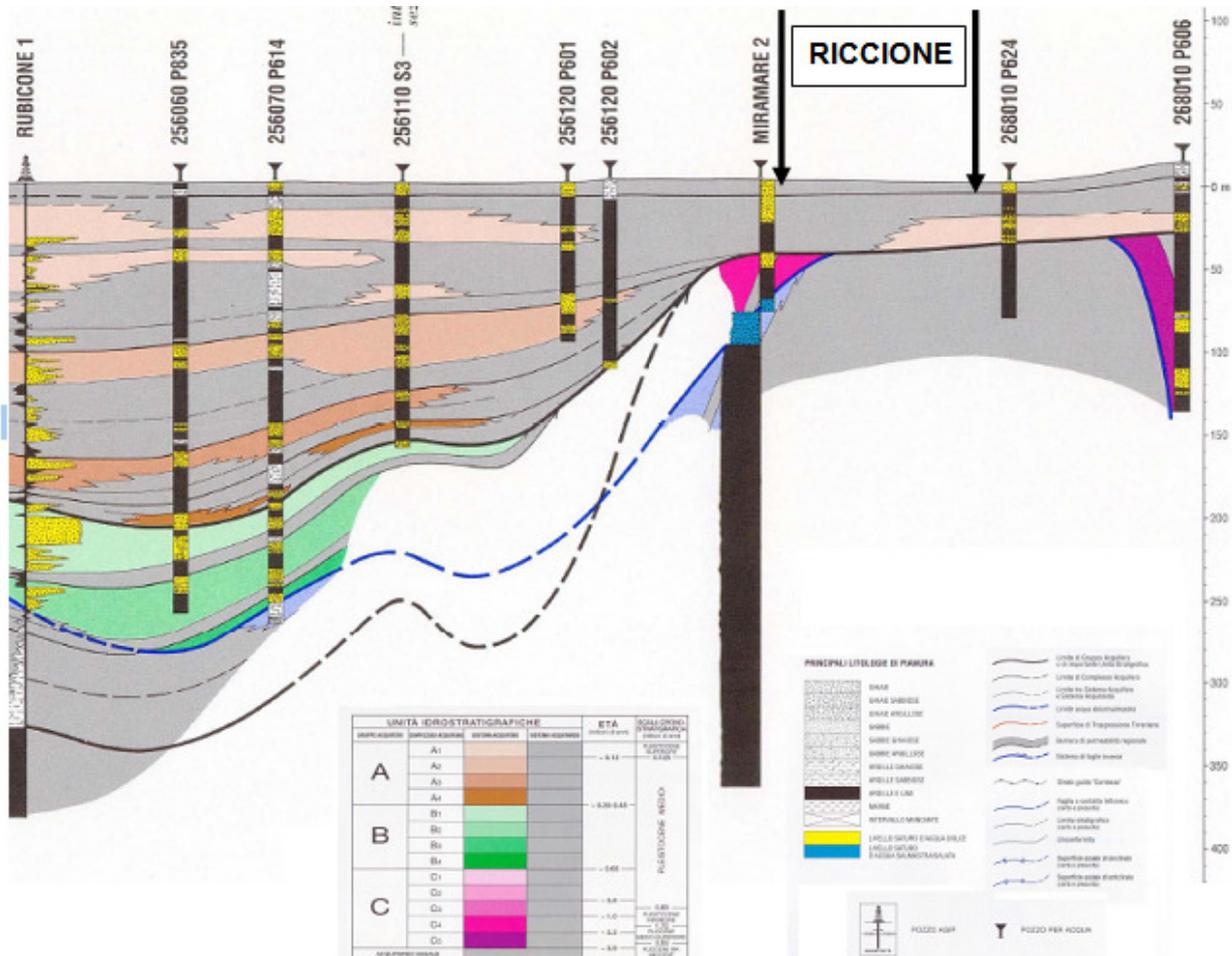


Figura 6.2- Sezione Geologica Costiera. Le frecce indicano la porzione riguardante il territorio di Riccione (Regione Emilia Romagna, ENI – AGIP, 1998 Riserve idriche della Regione Emilia Romagna a cura di G. di Dio).

Questi dati ci forniscono il quadro geologico generale, che risulta omogeneo almeno per una fascia di territorio esteso dalla linea di costa fino ai primi rilievi collinari.

Il modello geologico preliminare, prevede dunque, uno spessore di 30 - 40 m di sedimenti depositi in dominio continentale in giacitura sub-orizzontale al di sopra dei terreni di origine marina che rappresentano il substrato e costituiscono le strutture tettoniche sepolte legate all’orogenesi appenninica.

In Figura 6.3 vengono riportati i risultati del sondaggio ubicato nei pressi del casello autostradale Riccione Sud (l’ubicazione è riportata in Figura 6.1 con la sigla “267040P501”).

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN) Relazione Tecnico Illustrativa

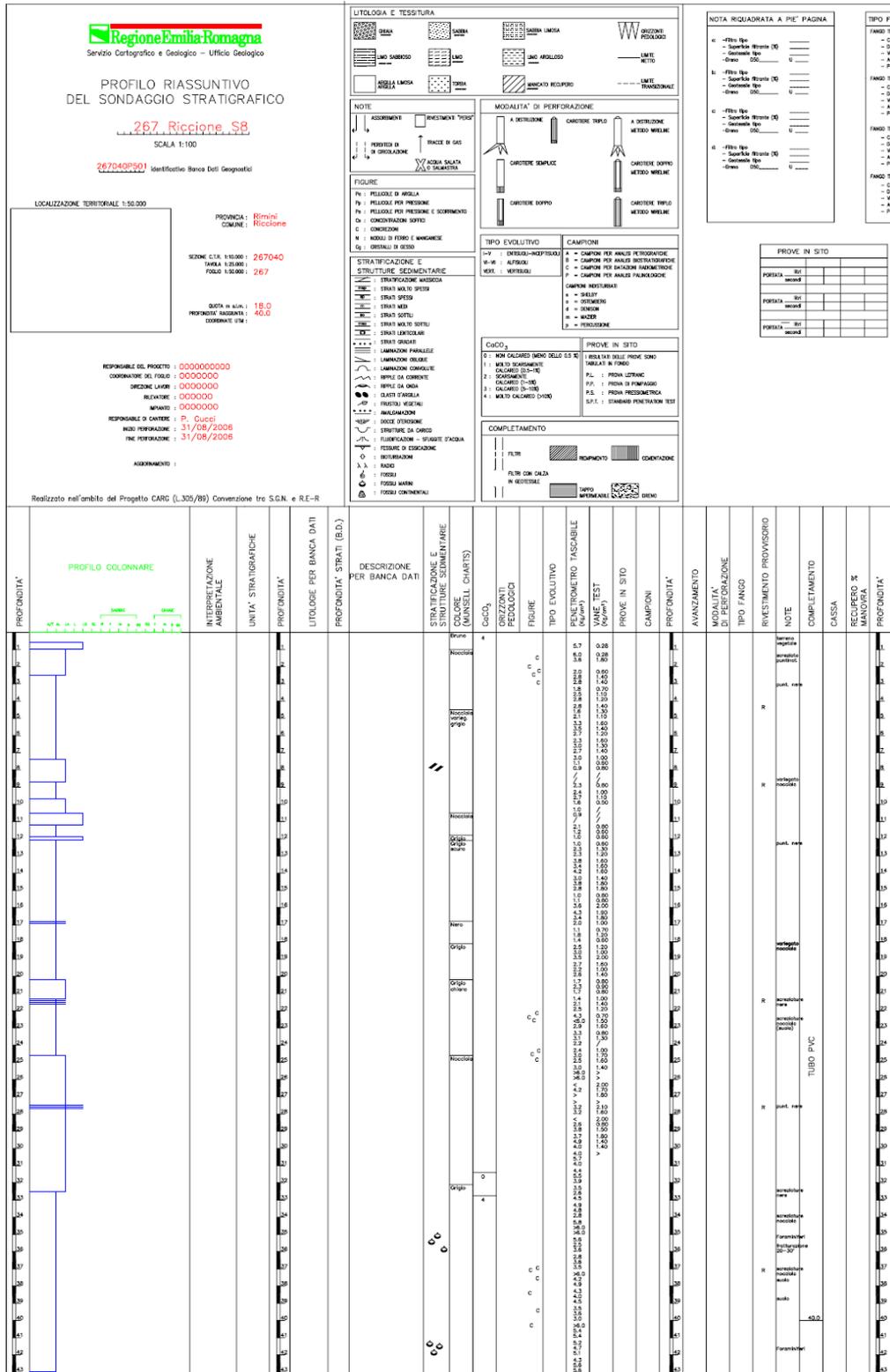


Figura 6.3- Risultati del sondaggio "267040P501" ubicato presso il casello autostradale Riccione Sud.

Il quadro conoscitivo generale, appena esposto, è stato integrato con l'ausilio delle prove geotecniche e geognostiche pregresse illustrate nel capitolo 5. In base ai dati disponibili è stato possibile effettuare una accurata suddivisione del territorio comunale in differenti macro-aree caratterizzate da differenti caratteri geologici, geomorfologici e litostratigrafici.

Per il territorio comunale di Riccione sono, dunque, state individuate 3 principali macro-aree:

- **MACROAREA LITORALE:** comprende la zona litorale e piana costiera.
- **MACROAREE ALLUVIONALI:** comprende la piana alluvionale interdigitata del Melo-Marano, che si colloca in posizione settentrionale, e l'ultima propaggine a nord della piana alluvionale del Torrente Conca, che si ubica nella parte meridionale del territorio comunale.
- **MACROAREA COLLINARE:** riguarda tutta la zona collinare.

Di seguito è riportata una breve descrizione delle caratteristiche geo-litologiche di ciascuna macro-area rilevata.

Macroarea litorale - Zona litorale e piana costiera

Tale unità comprende la parte di territorio costiero, con sviluppo parallelo alla linea di costa per una lunghezza di circa 6300m, e copre una estensione di circa 60 ha. Si colloca dalla linea di riva fino ad una distanza normale alla stessa che oscilla mediamente tra 600 e 700 m; la quota altimetrica oscilla da 0.00 a 3.50 m. s.l.m. E' possibile riconoscere una fascia di spiaggia attuale della medesima estensione lineare, con una larghezza a partire dalla battigia compresa tra 40 m e 140 m ed una altimetria compresa fra 0 e 2.5 m s.l.m.

L'aspetto morfologico dell'area è quello pianeggiante tipico delle fasce costiere basse, originato dall'interazione tra ambiente continentale (alluvionale) e marino (litorale). Le caratteristiche unità morfologiche del paesaggio costiero, quali cordoni e dune sabbiosi, sono scomparsi a seguito della massiccia antropizzazione del passato per lo sviluppo dell'attività turistico balneare, determinando un diffuso appiattimento degli arenili. Attualmente sono visibili ridotte superfici dunali in un tratto di spiaggia presso il centro estivo Bertazzoni, a sud del territorio comunale, e a nord nella zona antistante l'hotel le Conchiglie ed in tali ambienti i processi di modellamento morfologico, oltre che all'azione delle correnti, sono dovuti all'azione del vento.

La conformazione lineare del tratto costiero consente un'azione piuttosto regolare da parte delle correnti litorali, con formazione di una fascia sabbiosa, estesa anche a notevole distanza dalle foci fluviali, che costituiscono le fonti di alimentazione per lo sviluppo del sistema deposizionale litorale. La larghezza

dell'arenile dipende dalle correnti marine che determinano zone di deposizione e d'erosione, nonché dalla migrazione delle foci nel tempo e dalla presenza di manufatti quali porti, moli, pennelli e scogliere antropiche che modificano il regolare sviluppo delle correnti stesse.

La regressione marina dell'ultimo millennio ha creato lo scenario attuale, dove l'avanzata della spiaggia sul mare è stata nettamente prevalente almeno fino all'ultimo decennio. Essa ha comportato un accrescimento generale dell'arenile per un valore medio compreso tra 1.50 e 2.20 m all'anno, nel periodo compreso tra il 1820 e il 1970 (L'erosione marina tra i litorali di Cervia e Pesaro"; Antoniazzi A., 1976), ovviamente a tutto vantaggio dell'attività balneare. Tuttavia nello studio succitato si può apprezzare come negli ultimi decenni il tasso di accrescimento annuo dell'arenile risulti sensibilmente diminuito e con un trend in progressivo calo. In tale studio l'accrescimento e l'avanzamento medio della linea di riva spicca più marcatamente nel tratto costiero vicino ed a sud del porto canale, mentre lungo gli altri tratti di costa risulta più moderato sino a risultare quasi nullo in tempi più recenti (periodo 1955-1970), in corrispondenza della parte più meridionale del litorale del Comune di Riccione ed a confine con il Comune di Misano.

Infatti, da alcuni anni a questa parte, si osservano degli arretramenti sensibili sulla costa sud del territorio, tra la zona circa all'altezza della colonia Bertazzoni ed il confine comunale, mentre i maggiori accrescimenti si hanno più a nord, in particolare nel tratto a sud del porto. La tendenza generale, comunque, risulta essere di erosione nelle zone immediatamente a nord dei manufatti trasversali (sia opere accessorie quali porti e pontili che gli stessi pennelli e scogliere di protezione) e di accrescimento, per un certo raggio, nelle zone a sud degli stessi.

Dal punto di vista geologico l'area d'indagine ricade nel territorio di affioramento della formazione quaternaria denominata "a4s" (sabbie e ghiaie delle spiagge attuali) della Carta Geologica d'Italia.

La serie marina che ricopre in contatto discordante quella alluvionale (trasgressione Flandriana) è costituita da sabbie medie o medio-fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono rinvenire alternanze sabbioso-limose e limo-argillose, che denunciano un'elaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungocosta. La presenza occasionale di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati,

denota sia la vicinanza di fonti d'apporto grossolano, sia un'elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondoso.

I terreni limo-argillosi e argillo-limosi sottostanti, talora alternati a sottili livelli limo-sabbiosi, sono originati dal trasporto ed accumulo alluvionale e si presentano come massivi o con deboli laminazioni e quindi con caratteri tipici di ambienti di piana inondabile e rotta d'argine.

Alcuni livelli isolati di sabbie e/o ghiaie all'interno dei depositi alluvionali fini denotano un aumento di energia deposizionale; la loro geometria lenticolare, con sviluppo talvolta perpendicolare alla costa, li fa interpretare come possibili strutture di paleoalveo.

Il limite generale di affioramento delle sabbie marine a monte risulta essere compreso tra il tracciato della ferrovia e la statale Adriatica, con spessori variabili da pochi metri fino ad un massimo 7.00-8.00 m.t. in corrispondenza della zona di spiaggia.

Il livello idrico è solitamente prossimo al piano di campagna e questo è da mettere in relazione all'acquifero superficiale insediato nello strato sabbioso permeabile al di sopra di orizzonti argillosi a bassa permeabilità. Nel prisma sabbioso litorale si presenta un diretto contatto laterale tra acque dolci e salate di origine marina, dando luogo ad un'interfaccia di transizione salmastra con caratteristiche variabile, in funzione delle condizioni meteorologiche, idrografiche, mareali e di emungimento antropico.

L'andamento delle isofreatiche risulta sostanzialmente regolare e subparallelo e le linee di alimentazione/drenaggio sotterraneo corrispondono sostanzialmente agli assi fluviali dei corsi d'acqua esistenti.

Macroarea Rio Melo – Torrente Marano e Torrente Conca - Pianura alluvionale di conoide del sistema Melo - Marano e del Conca

Da un punto di vista geologico, le due aree riferite al Rio Melo-Torrente Marano e Torrente Conca, presentano caratteristiche simili. Sono entrambe di origine alluvionale e rappresentano il sistema di piana alluvionale, originato da tutti quei depositi sedimentari di origine fluviale, ubicati tra il piede dei primi versanti collinari ed il piede della scarpata della falesia fossile.

Quest'ultima infatti si è originata a seguito dei più recenti eventi eustatici marini; le acque marine si estesero sulla piana fluvio-palustre raggiungendo il livello massimo alcuni metri al disopra del livello attuale (circa 6000 anni fa). Durante tale trasgressione vennero erosi i sedimenti della pianura alluvionale, formando un gradino tra la pianura e il mare sottostante (con un nuovo livello di base), sul fondo del quale iniziarono a depositarsi i materiali sabbiosi, trasportati e rimaneggiati dalle correnti marine. Questi poi emersero successivamente a seguito di una lenta e progressiva regressione del livello marino (in epoca recente) che

quindi ha determinato l'assetto della attuale linea di costa e l'emersione delle sabbie marine. Si ipotizza che la falesia possa essere stata riattivata anche durante il secondo optimum climatico medioevale del 750-1100 d.C. per poi rimanere inalterata sino ai giorni nostri.

Dal punto di vista geologico l'area di indagine ricade nel territorio di affioramento della formazione Quaternaria denominata "f3" della Carta Geologica d'Italia (Alluvioni e depositi terrazzati del III° ordine).

I terreni limo-argillosi e argillo-limosi presenti nel primo sottosuolo sono originati dal trasporto e accumulo alluvionale da parte dei corsi d'acqua presenti. In particolare possono essere considerati quali depositi più recenti delle sequenze deposizionali di conoide del sistema Torrente Marano - Rio Melo e Torrente Conca.

Entrambe le tipologie si presentano come orizzonti massivi o possiedono deboli laminazioni, talora sono alternati a sottili livelli limo-sabbiosi; nel complesso possiedono caratteri tipici di ambienti di piana inondabile. Talora la presenza a luoghi abbondante di calcinelli e masserelle carbonatiche è indice di probabile esposizione subaerea.

Alcuni livelli isolati di sabbie limo-argillose di spessore generalmente modesto all'interno dei depositi alluvionali fini, denotano un aumento di energia deposizionale che li fa interpretare come possibili strutture di rotta d'argine o di paleoalveo. A tal proposito i depositi appartenenti alla conoide del Conca, rilevabili nel settore centro-meridionale del territorio comunale, sembrano caratterizzati da una maggior presenza di sabbie limo-argillose discretamente permeabili, così come è anche rilevabile dalla cartografia (Baroni M., 1993; Quaderno del circondario di Rimini n. 4). Ciò fa supporre una maggior presenza di strutture sepolte di paleoalveo e di depositi terrazzati, questi ultimi soprattutto in prossimità delle prime pendici collinari. Tali strutture di paleoalveo presentano un andamento circa subparallelo tra loro ed al corso del Torrente Conca, così anche come i corsi d'acqua di importanza locale presenti in tale zona. Il principale fattore di modellamento delle scarpate di terrazzo alluvionale è rappresentato dall'azione dilavante delle acque meteoriche, che si manifesta con fenomeni di erosione per ruscellamento superficiale e da pioggia, in periodi di forti e prolungati afflussi. Nelle aree suborizzontali di terrazzo alluvionale si possono avere forme di erosione più lievi dovute alla pioggia battente.

Dal punto di vista idrogeologico il settore meridionale di tale unità ricade nel territorio freatico di influenza dello Scolo Consorziale Alberello (Filippini M., 1993; Quaderno del circondario di Rimini n.4); la carta delle isofreatiche della falda acquifera superficiale rileva in zona una direzione di flusso sotterraneo verso lo Scolo Consorziale, in corrispondenza del quale è posto un asse drenante.

Diversamente il rimanente settore centro settentrionale della pianura alluvionale di Riccione rientra nel territorio freatico di influenza del Torrente Marano e del Rio Melo (Zaghini M., 1993; Quaderno del circondario di Rimini n.4), i cui alvei, oltre ad avere una funzione di raccolta per le acque di scorrimento superficiale, risultano avere anche la funzione di assi drenanti per la falda superficiale. Si deve notare inoltre come fra i due, lungo il breve tratto in cui le aste fluviali tendono ad avvicinarsi, vi sia la presenza di uno

spartiacque sotterraneo. I terreni superficiali generalmente presenti nella piana alluvionale (di entrambi i sistemi deposizionali) possiedono generalmente un alto potere di ritenzione e scarse qualità drenanti, modeste permeabilità e porosità efficace. Nel caso di brevi e intense precipitazioni essi determinano, pertanto, elevato deflusso, ristagni e scarsa infiltrazione. Inoltre in sedimenti alluvionali a "granulometria fine" il livello piezometrico è soggetto a consistenti variazioni stagionali che possono divenire notevoli quando a periodi aridi si succedono altri di prolungata e intensa piovosità. In tale occasione, come verificato in precedenti osservazioni effettuate in queste aree, il livello dell'acqua può innalzarsi notevolmente. Non si escludono anche innalzamenti della frangia capillare e presenza di umidità sino nei pressi della superficie.

Le falde contenute nei depositi di terrazzo alluvionale assumono invece un carattere più costante e permanente, una discreta potenzialità, con oscillazioni condizionate soprattutto dallo sfruttamento antropico.

Macroarea collinare - Zona collinare

Questa unità viene definita morfologicamente da un netto cambio di acclività, individuabile a margine della piana alluvionale. In particolare tale limite sembra porsi ad una quota media 15-17 m s.l.m., ed è localizzato a sud-ovest del territorio comunale lungo il piede di versanti che declinano verso la piana costiera, a Nord-Est, attraverso blande pendenze (5° - 11°).

Da un punto di vista geologico i terreni presenti nell'area appartengono alla successione Umbro-Marchigiano - Romagnola e sono ascrivibili alla formazione pliocenico - media delle Argille Grigio-Azzurre (Argille marnose azzurre, siltose, lievemente sabbiose) contrassegnata nella Carta Geologica d'Italia con "P2".

Dalla consultazione della Carta Geologia d'Italia e da quella regionale è possibile ipotizzare un assetto stratigrafico a generalmente a reggipoggio o traversopoggio. La formazione pliocenica è ricoperta in loco da una coltre eluvio-colluviale di spessore variabile: modesto verso la sommità crinale e più consistente sottopoggio al passaggio con i depositi alluvionali che si chiudono a "becco di flauto" contro le stesse unità plioceniche. Dal punto di vista tettonico l'area non è interessata da strutture appenniniche plicative o disgiuntive rilevanti.

Il principale fattore di modellamento dei versanti è rappresentato dall'azione dilavante delle acque meteoriche che si manifesta con fenomeni di erosione per ruscellamento superficiale sia diffuso che canalizzato e, in subordine, con fenomeni di erosione da pioggia in periodi di forti e prolungati afflussi.

I terreni pliocenici argillosi sono caratterizzati da una scarsa permeabilità primaria e porosità efficace, che aumenta all'aumentare delle intercalazioni sabbiose. Tali caratteristiche, unitamente alla presenza di un pendio, favoriscono il deflusso superficiale a scapito della infiltrazione efficace nel sottosuolo. Le modeste circolazioni di acqua, contenute nella coltre eluvio-colluviale, evidenziano carattere effimero, intermittente a seconda dell'andamento dei periodi siccitosi e piovosi. Al contrario, nel fondovalle sottostante, le falde

contenute nei terrazzi alluvionali evidenziano un andamento annuale più regolare ed una maggiore potenzialità.

Talora i pozzi presenti in zona intercettano a differenti profondità nel sottosuolo venute di acqua localizzate in corrispondenza di sistemi di fatturazione, a sua volta collegati alle strutture tettoniche secondarie. Per quanto concerne la stabilità dei versanti non si segnalano movimenti gravitativi degni di particolari attenzioni; infatti dal rilevamento geomorfologico condotto sul territorio, dalla ricerca bibliografica e storica compiuta, nonché dall'incrocio con i dati cartografici tematici esistenti presso Enti competenti per territorio, non sono state rinvenute morfologie tipiche di zone di frana.

In ogni caso però, data la presenza preponderante di terreni argillo-limosi di natura eluvio-colluviale, nonché una discreta acclività delle pendici collinari, possono ingenerare fenomeni di solifluzione comunemente

chiamati "creeping". Tali fenomeni normalmente non generano situazioni pericolose e non sono catalogabili come movimenti franosi. Attualmente tali aree non presentano caratteristiche evidenti di instabilità, né si ritiene di poterle catalogare come fenomeni quiescenti, tuttavia non si esclude che, in particolari condizioni meteorologiche e/o sismiche, possano manifestare una potenziale instabilità.

6.2 Litologia e ricostruzione stratigrafica del sottosuolo

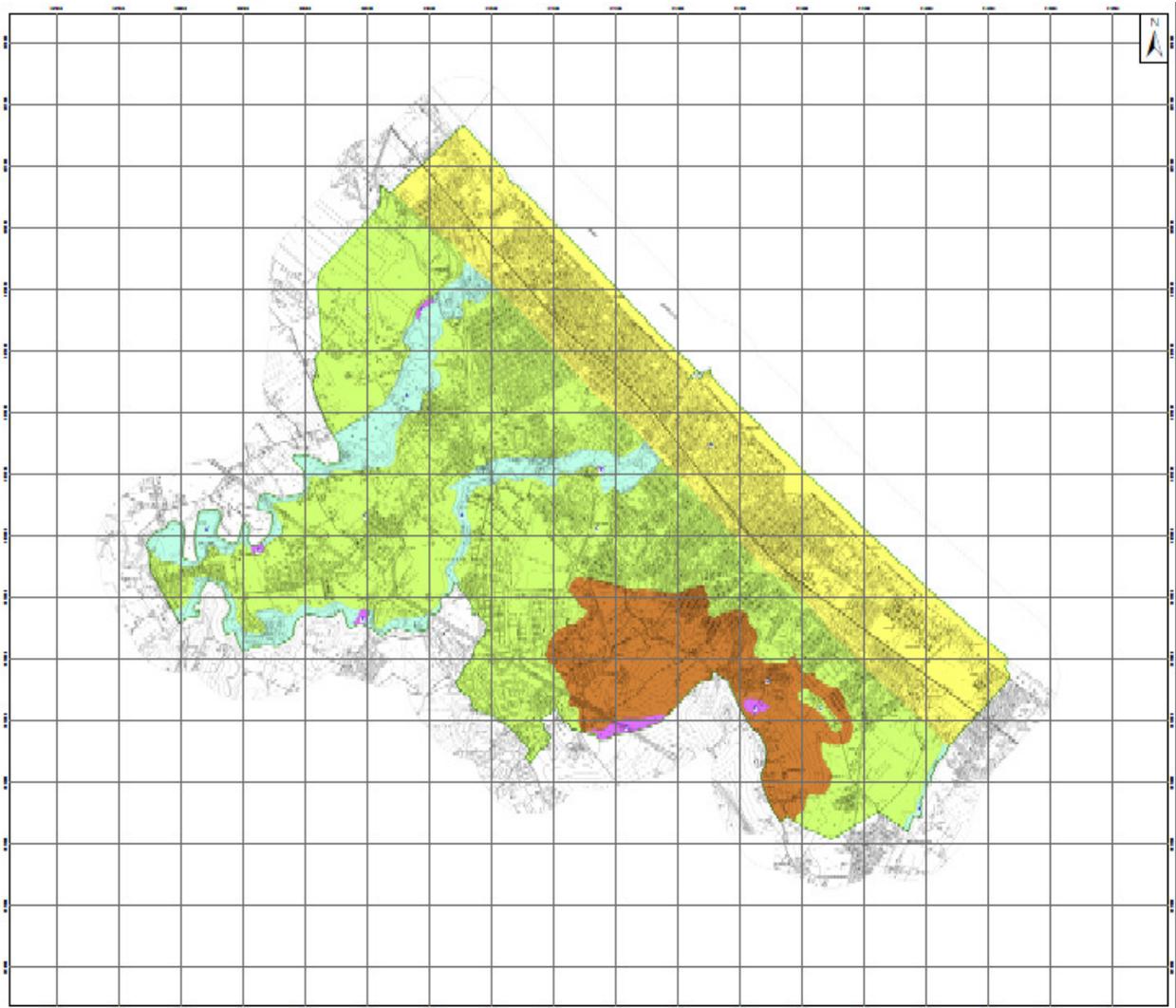
Alla luce delle numerose indagini disponibili per il territorio comunale di Riccione è stato possibile realizzare una carta litologica a scala 1:10000 (Figura 6.4). Questa carta rappresenta una sintesi in pianta delle macro-aree descritte nei paragrafi precedenti. Di seguito viene esposta una descrizione di dettaglio delle litologie individuate:

A) Depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi di piana costiera - Si tratta di sabbie a pezzatura da fine e media, localmente alternate a limi sabbiosi ed organizzato in una sequenza negativa. Con inclusi depositi grossolani di barra di foce e spiaggia ghiaiosa. Nell'area prossima alla foce del Fiume Marecchia sono rinvenibili anche alternanze di sabbie fini e finissime, limi ed argille in strati da molto sottili a spessi di natura alluvionale.

B) Depositi alluvionali costituiti da sabbie e limi prevalenti - Alternanze di sabbie fini e finissime, limi ed argille in strati da molto sottili a spessi. Le alternanze sabbioso-limose sono in strati sottili e medi organizzati in sequenze con gradazione positiva o negativo-positiva, le argille sono in strati da medi a molto spessi. Depositi di tracimazione fluviale non differenziati a causa dei processi di erosione, bioturbazione e pedogenesi che hanno modificato le tessiture e le forme originarie e non hanno consentito di distinguere i depositi di argine da quelli di piana inondabile.

C) Depositi alluvionali costituiti da argille e limi prevalenti - Argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da molto sottili a medi. Spesso le argille sono bioturbate e non sono visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie. Depositi di piana inondabile. Formano corpi a geometria irregolare nelle aree depresse interposte ai depositi di argine.

D) Depositi formazionali costituiti da marne, argille e argille-limose con rare intercalazioni sabbiose - Pliocene Medio-Superiore - Sono state raggruppate le unità geologiche caratterizzati da litologie in netta prevalenza fini (limi e argille) con subordinata presenza di sabbia. Le unità qui inserite risultano: FAA - Argille Azzurre, TCO - Marne, argille e tripoli di Corpò, FAA2pa - Argille Azzurre - Membro arenaceo di Borello - litofacies pelitico arenacea, FAA2ap - Argille Azzurre - Membro arenaceo di Borello - litofacies arenaceo-pelitica



A	Depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi di piana costiera
B	Depositi alluvionali costituiti da sabbie e limi prevalenti
C	Depositi alluvionali costituiti da argille e limi prevalenti
D	Depositi formazionali costituiti da marne, argille e argille-limose con rare intercalazioni sabbiose (Pliocene Medio-Superiore)
E	Depositi franosi/depositi di versante, detrito eluvio-colluviale e di conoide alluvionale minore
	Limite comunale

Figura 6.4- Carta delle litologie affioranti (scala 1:10000)

E) Depositi franosi/depositi di versante, detrito eluvio-colluviali e di conoide alluvionale minore - Si tratta di depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in

matrice variabile, angolosi, a luoghi stratificati e/o cementati. Possono anche identificarsi come depositi eterometrici, spesso siltoso-sabbiosi, generalmente privi di strutture sedimentarie e non cementati. I Depositi di conoide minore si configurano, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecole trasversali ai corsi d'acqua principali.

7. MICROZONAZIONE SISMICA AL I LIVELLO DI ANALISI

7.1 Carta Geologico-Tecnica

A partire dalla carta delle litologie descritta nel paragrafo 6.2 è stata costruita la “carta geologico-tecnica” (Figura 7.1) così come previsto dagli standard di archiviazione informatica 3.0 allegati alle linee guida “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”. Si tratta di un modello integrato di sottosuolo funzionale alle valutazioni sismiche legate agli studi di Microzonazione Sismica, che permette di individuare in modo semplice ed efficace, i rapporti stratigrafici tra sub-strato e materiali di copertura.

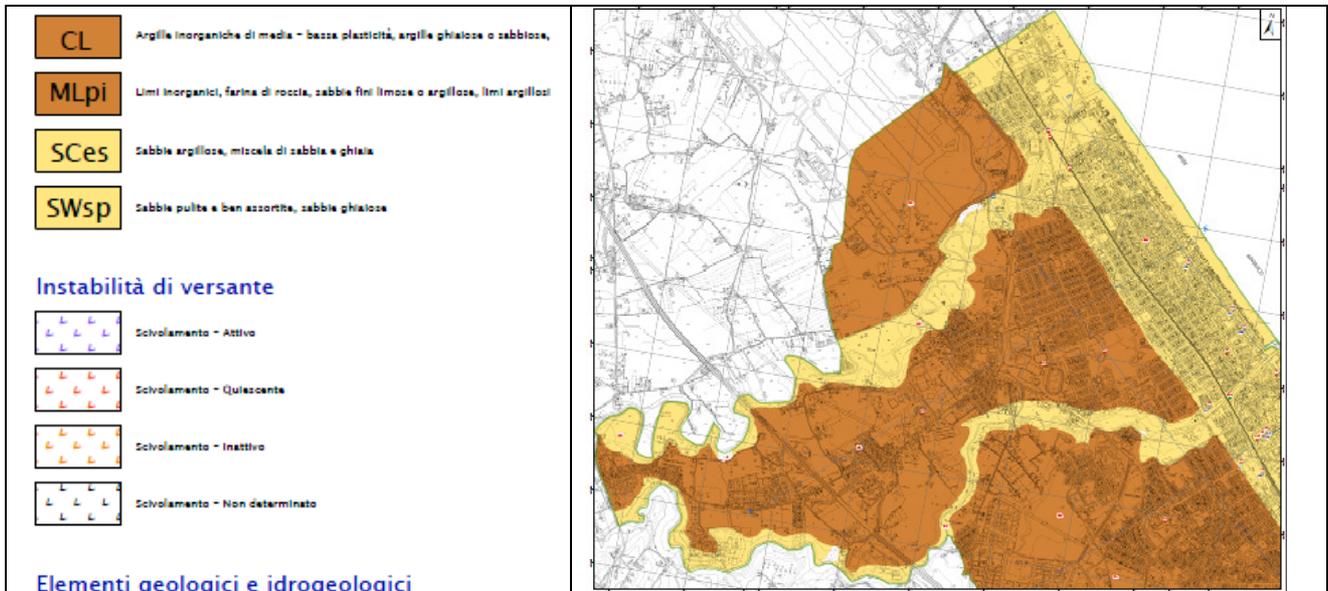
Le unità litologiche presenti sul territorio comunale di Riccione sono state codificate, in base ai già citati criteri di archiviazione e rappresentazione 3.0, come segue:

- Depositi tipo A in carta litologica sono stati codificati come formazione geo-tecnica SW: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose.
- Depositi tipo B in carta litologica sono stati codificati come formazione geo-tecnica SC: Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla.
- Depositi tipo C in carta litologica sono stati codificati come formazione geo-tecnica ML: Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi.
- Depositi tipo D in carta litologica sono stati codificati come formazione geo-tecnica CL: Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre.
- Depositi tipo E in carta litologica sono stati codificati come elementi di instabilità di versante di tipo attivo, inattivo, quiescente o non determinato in base a pregresse conoscenze sui differenti stati di attività.

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Oltre alla carta geologico-tecnica, per meglio comprendere i rapporti geometrici e giaciture tra i materiali di copertura e il substrato geologico, sono state realizzate 3 sezioni con orientazione SSW-NNE e 2 sezioni lungo costa con orientazione NW-SE. I risultati relativi alle sezioni sono visualizzabili nella tavola delle sez. litotecniche in allegato al lavoro di Microzonazione Sismica.

Per probabili futuri approfondimenti di III livello, l'assetto geologico del sito consente di escludere possibili fenomeni di amplificazione del moto sismico dovuti alla geometria dei corpi sepolti (effetti bidimensionali, 2D). Il modello geologico-tecnico, in questo caso, può essere ricondotto alla sovrapposizione (assetto monodimensionale, 1D) di litotipi con diverse caratteristiche fisico-meccaniche, in cui prevalgono materiali di natura coesiva e sabbiosa.



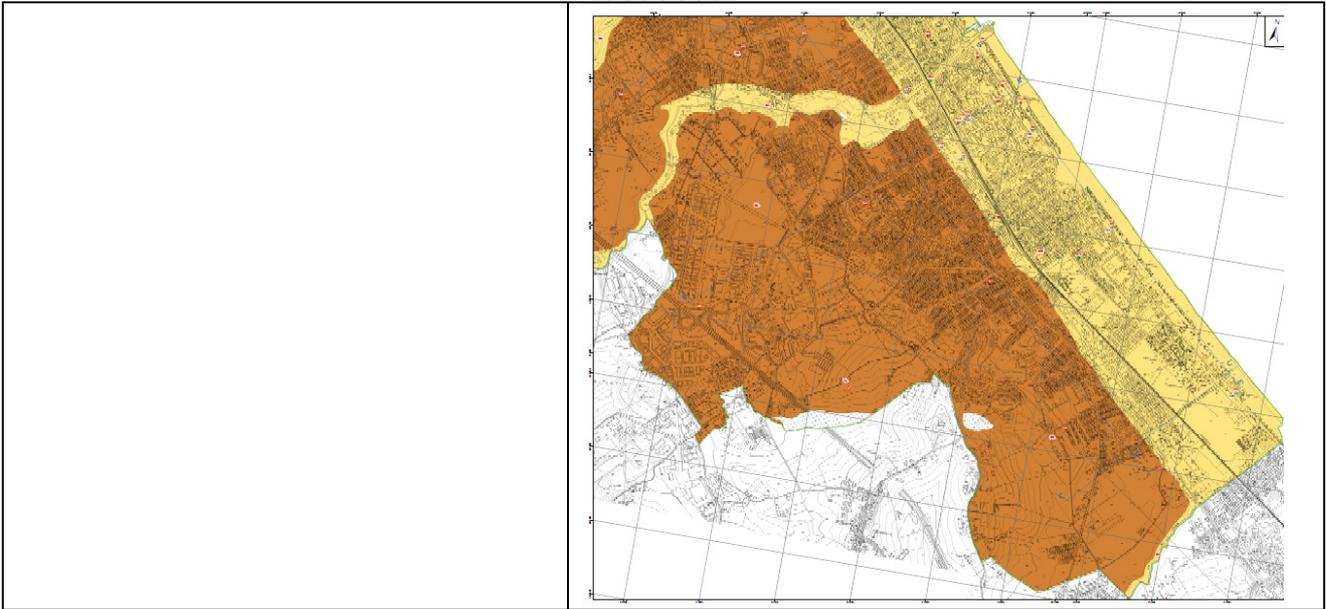


Figura 7.1- Carta geologico tecnica relativa al territorio comunale di Riccione (scala 1:5000)

7.2 Carta delle Frequenze Naturali del Terreno

Sulla base dei risultati delle registrazioni a stazione singola HVSR sono state costruite 2 differenti mappe delle Frequenze Naturali dei terreni di Riccione. In dettaglio, come esposto al capitolo 5, sono state utilizzate per la costruzione di tali elaborati, su un totale di 101 postazioni di misura, unicamente quelle ritenute affidabili, ovvero 58 rilievi HVSR.

Nonostante, comunemente, negli studi di Microzonazione Sismica venga prodotta un'unica carta delle Frequenze Naturali, è stato scelto in questo caso di rilasciare 2 differenti elaborati per non perdere importanti informazioni legate a massimi risonanti secondari.

Al fine di chiarire quanto appena espresso viene di seguito riportato un esempio sui criteri di elaborazione che hanno portato alla costruzione delle 2 carte delle Frequenze Naturali. In figura 7.2 è riportata, a titolo di esempio, la misura HVSR T89.

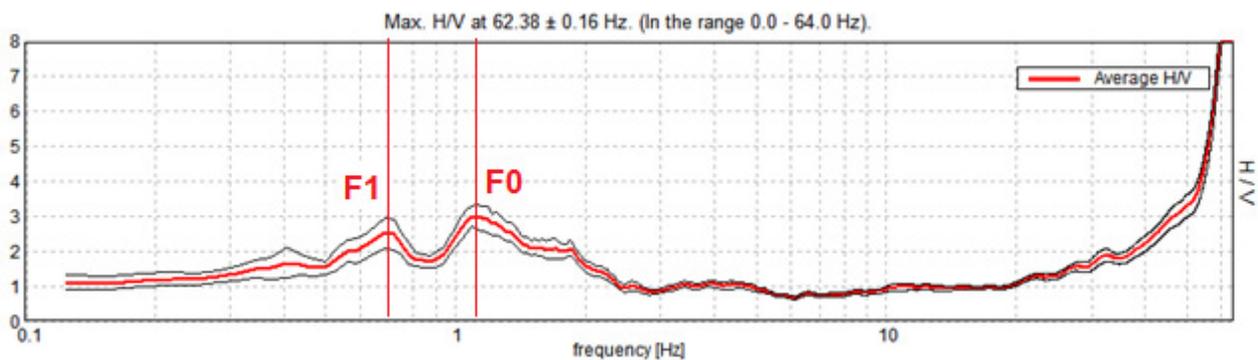


Figura 7.2-Curva dei rapporti spettrali relativa alla registrazione HVSR T89.

Com'è possibile osservare la misura T89, come per la maggior parte dei rilievi realizzati, è caratterizzata da 2 definiti massimi in Frequenza. Il primo indicato con F0 presenta una frequenza di circa 1.2 con ampiezza di circa 3, mentre il secondo, indicato con F1 presenta una frequenza di 0.7 Hz con ampiezza di circa 2.8.

Entrambi i massimi ricadono nell'intervallo di Frequenze ingegneristico di risonanza degli edifici (compreso all'incirca tra 0.5 e 20 Hz) e, dunque, risultano potenzialmente pericolosi per fenomenologie di amplificazione locale.

Per non perdere questo tipo di informazione e non limitare la visualizzazione in carta di un unico massimo risonante è stato dunque scelto di procedere come segue:

- Nella carta delle Frequenze Naturali principale (Mappa F0), nel caso in cui si verifichi la presenza di doppi massimi nelle misure, vengono unicamente riportati i valori di Frequenza con Ampiezza relativa maggiore. In pratica, rispetto all'esempio di Figura 7.2, è riportato il massimo di Frequenza 1.2 Hz.
- Nella carta delle Frequenze Naturali secondarie (Mappa F1) sono riportati tutti quei massimi, potenzialmente dannosi, che non rientrano nella mappa principale. Rispetto all'esempio di Figura 7.2, è riportato, dunque, il massimo di Frequenza 0.7 Hz.

Entrambe le carte (Mappa F0 e Mappa F1) sono state codificate come segue:

- L'ubicazione delle differenti postazioni di misura sono indicate attraverso punti di differenti colori e dimensioni.
- Il colore di ogni punto si riferisce al contenuto in Frequenza della misura (Figura 7.3).
- La dimensione di ciascun punto si riferisce al valore di ampiezza della frequenza individuata (Figura 7.3)

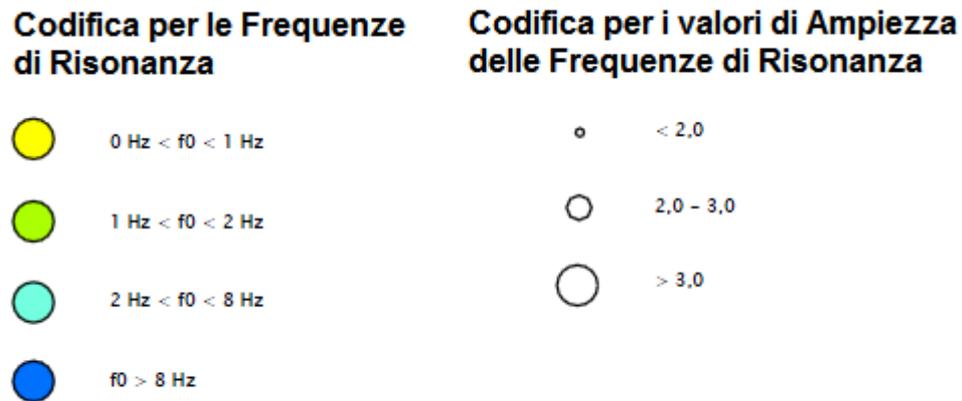


Figura 7.3-Codifiche per la visualizzazione in mappa delle Frequenze e della Ampiezza individuate dai rilievi HVSR.

Da un punto di vista interpretativo, le curve dei rapporti spettrali riferite alle acquisizioni a stazione singola realizzate per il territorio comunale di Riccione mostrano tutte massimi risonanti compresi all'incirca tra 0.7 e 2.5 Hz con valori di ampiezza mediamente compresi ampiezza tra 2 e 2.5.

Osservando i valori di frequenza riportati nella Carta delle Frequenze Naturali (mappa F0) in Figura 7.4, è evidente un progressivo aumento di quest'ultimi all'incirca da Nord verso Sud. Ricordando che un innalzamento delle frequenze di risonanza è correlato ad una progressiva diminuzione della profondità del contrasto di impedenza individuato, è possibile affermare che esiste una buona corrispondenza tra i valori di frequenza individuati e l'andamento del substrato geologico.

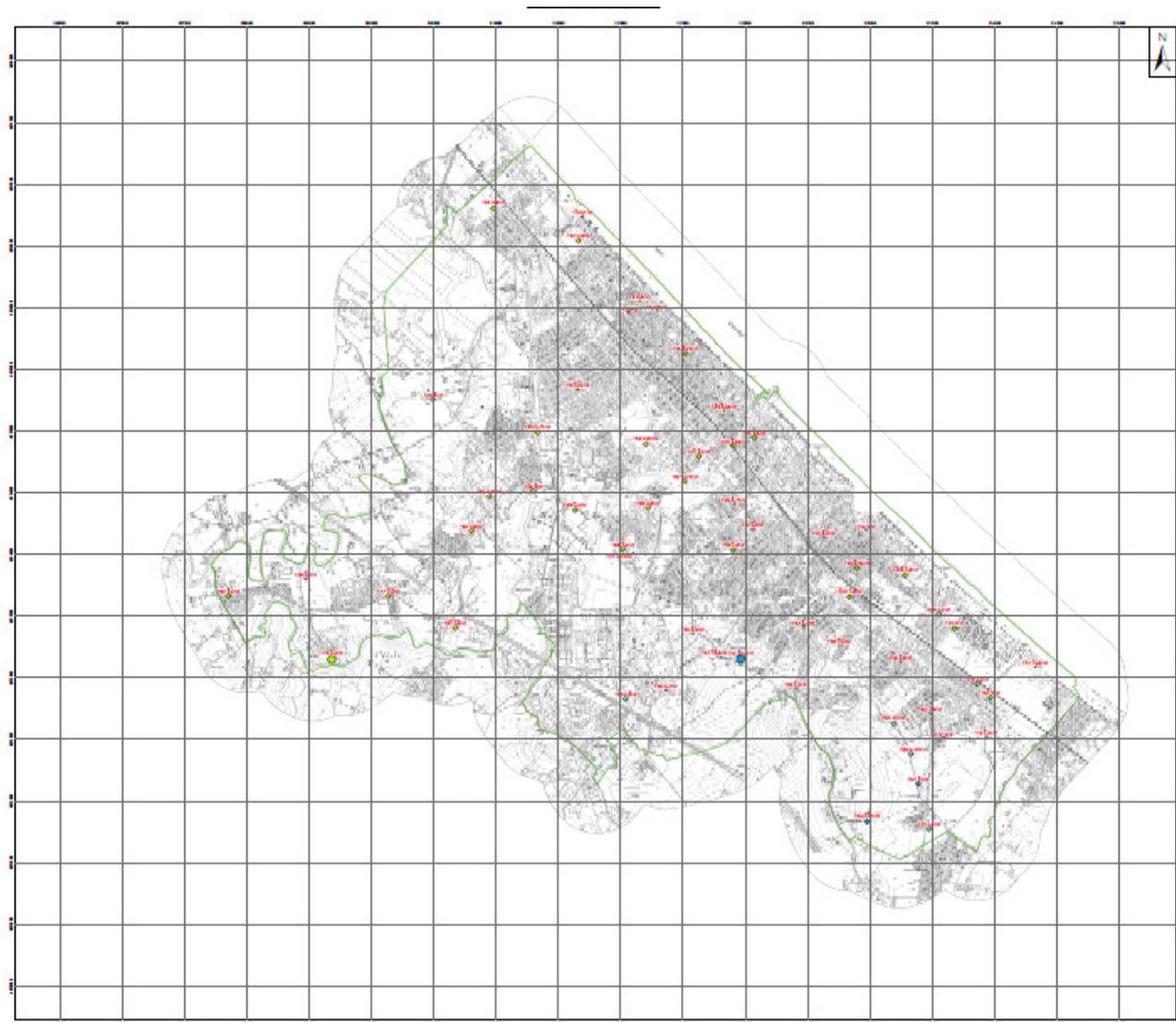


Figura 7.4-Carta delle Frequenze Naturali del Terreno (Mappa F0).

7.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di Livello 1 costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento (Figura 7.6). La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

Le informazioni utilizzate, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- carta delle indagini, precedentemente prodotta per questo livello;
- carte geologiche e geomorfologiche;
- colonne litostratigrafiche dedotti da sondaggi a carotaggio continuo;
- sezioni geologico-geotecniche;
- carte di dissesto idrogeologico (progetto IFFI).

Le microzone possono essere classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

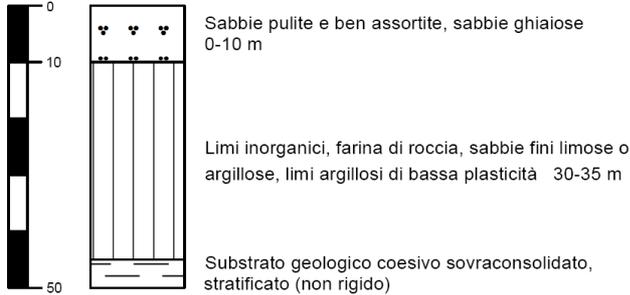
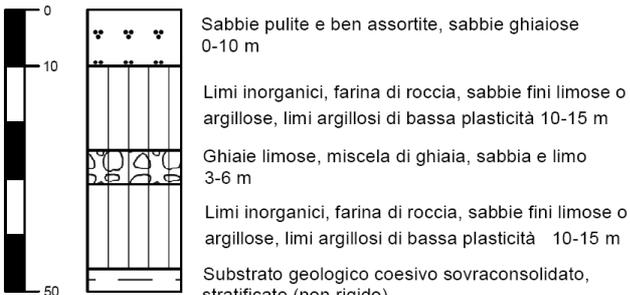
In questo caso specifico sono state individuate nel territorio comunale 8 microzone omogenee determinate in funzione dei criteri sopra esposti che vengono descritte di seguito:

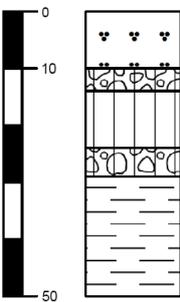
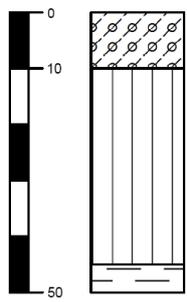
Zone stabili

All'interno del territorio comunale di Riccione non sono state riscontrate microzone che è possibile definire stabili. Questo è dovuto in particolare al fatto che non è presente in affioramento il bedrock sismico ne quello geologico. L'area dove il substrato geologico (argille plioceniche) è posto a minor profondità è quella ubicata a sud-est del territorio comunale (area collinare). Qui le coperture risultano variabili da 5 m a 15 m e le misure sismiche realizzate ex-novo, testimoniano che anche all'interno del substrato geologico non rigido sono presenti contrasti d'impedenza sismica che potrebbero generare, comunque, fenomeni amplificativi del moto.

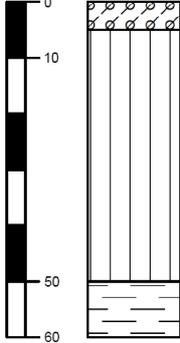
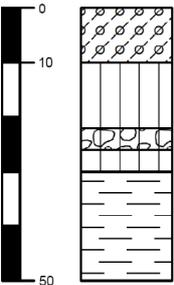
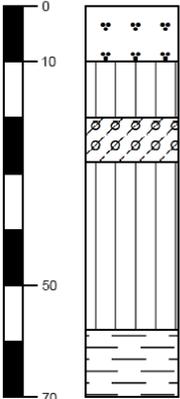
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

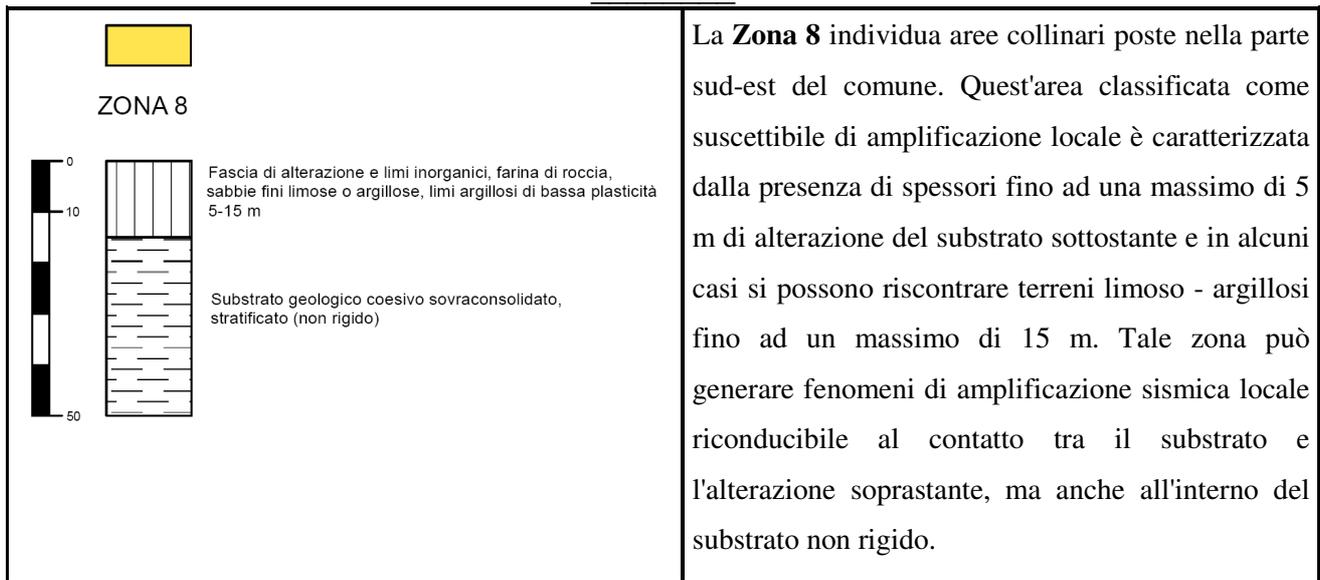
Di seguito viene esposta una breve descrizione delle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali individuate nel territorio di Riccione.

<div style="text-align: center;">  <p>ZONA 1</p> </div>  <p>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 0-10 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 30-35 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 1 individua aree lungo la fascia costiera nella parte nord del comune fino al Porto, caratterizzate in affioramento dalla presenza di sabbie pulite di spessore variabile fino ad un massimo di circa 10 m. Al di sotto si riscontrano depositi limoso - argillosi che raggiungono spessori fino a circa 35 m. A partire da circa 40 – 45 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido. Queste aree sono state classificate come suscettibili di amplificazioni locali.</p>
<div style="text-align: center;">  <p>ZONA 2</p> </div>  <p>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 0-10 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 10-15 m</p> <p>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 3-6 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 10-15 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 2 individua aree lungo la fascia costiera nella parte centro sud del comune. Queste aree sono abbastanza simili alla zona 1, in particolare si differenziano da questa perchè a circa 20 – 25 m di profondità è presente un livello continuo ghiaioso sabbioso di spessore variabile da 3 – 6 m all'interno dei depositi limoso – argillosi. A partire da circa 25 – 40 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato.</p>

<p style="text-align: center;"> ZONA 3</p>  <p>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 0-10 m Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-4 m Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 5-10 m Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 0-5 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 3 individua una piccola area lungo la fascia costiera all'interno della Zona 2, localizzata nella parte sud del comune compresa tra viale Torino, viale S. Gallo e viale Marzala. Quest'area classificata come suscettibile di amplificazione locale è abbastanza simile alla zona 2, in particolare però da questa si differenzia perchè a circa 10 m di profondità è presente un secondo livello ghiaioso sabbioso di spessore variabile da 2 – 4 m posto al passaggio tra le sabbie costiere e i depositi limoso argillosi. A partire da circa 20 – 25 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido.</p>
<p style="text-align: center;"> ZONA 4</p>  <p>Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla 0-10 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 15-35 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 4 individua aree lungo i principali corsi d'acqua che attraversano il comune di Riccione ed in particolare occupano i depositi alluvionali attuali e terrazzati del Torrente Marano e del Rio Melo fino al raggiungimento della falesia. Sono caratterizzate in affioramento dalla presenza di sabbie argillose di spessore variabile fino ad un massimo di circa 10 m. Al di sotto si riscontrano depositi limoso - argillosi che raggiungono spessori fino a circa 35 m. A partire da circa 40 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido.</p>

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

<p style="text-align: center;"> ZONA 5</p>  <p>Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla 0-5 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 15-45 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 5 individua aree pedecollinari al di sopra della falesia costiera fino al limite comunale ad esclusione dell'area sud-est dove si trovano i depositi pliocenici. Tali aree sono caratterizzate dalla presenza di limi argillosi con spessori variabili da 15 – 45 m, talvolta possono essere presenti depositi di piccolo spessore di sabbie argillose che rappresentano vecchi paleoalvei. A partire da circa 45 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido.</p>
<p style="text-align: center;"> ZONA 6</p>  <p>Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla 0-10 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 7-12 m</p> <p>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-4 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 2-4 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 6 individua una piccola area a monte della falesia costiera e della Zona 3, posta nei pressi della località Fontanelle. Quest'area classificata come suscettibile di amplificazione locale è caratterizzata dalla presenza di sabbie argillose di spessore variabile fino ad un massimo di circa 10 m. Al di sotto si riscontrano depositi limoso - argillosi che raggiungono spessori variabili da 10 m a 15 m con all'interno un livello ghiaioso sabbioso di circa 2-4 m. A partire da circa 15-20 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido.</p>
<p style="text-align: center;"> ZONA 7</p>  <p>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 0-10 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 5-10 m</p> <p>Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla 0-8 m</p> <p>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 25-30 m</p> <p>Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)</p>	<p>La Zona 7 individua una piccola area lungo la fascia costiera all'interno della Zona 1, localizzata nella parte nord del comune nei dintorni della foce del Torrente Marano. Quest'area classificata come suscettibile di amplificazione locale è abbastanza simile alla zona 1, in particolare però da questa si differenzia perchè a circa 15-20 m di profondità è presente un livello di sabbie argillose di spessore variabile fino ad un massimo di 8 m. A partire da circa 40 – 45 m di profondità si trova il substrato coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido.</p>



Zone suscettibili di instabilità

Le zone suscettibili di instabilità cartografate nel territorio comunale sono riferibili ad aree con presenza di fenomeni di instabilità gravitativa. In particolare sono presenti 7 corpi di frana con stati di attività quiescenti, attivi, inattivi ed indeterminati.

In particolare le frane hanno tutte dimensioni abbastanza ridotte e sono poste nei terrazzi alluvionali del Torrente Marano e del Rio Melo e nella parte collinare nella fascia di alterazione delle argille plioceniche.

Inoltre per le zone suscettibili di amplificazioni locali è stata valutata la possibilità che si possano verificare fenomeni di liquefazione. All'interno degli ICMS vengono definiti due tipi di zone di attenzione ZA_{LQ1} e ZA_{LQ2} . Le ZA_{LQ1} sono le zone nelle quali gli studi di livello 1 hanno verificato che esistono 4 condizioni predisponenti:

1. terreni sabbiosi;
2. falda a profondità inferiore a 15m;
3. M_w attesa al sito >5 ;
4. Accelerazioni massime in superficie (p_{ga}) $>0.1g$.

Le ZA_{LQ2} sono zone in cui sussistono solo le prime 3 condizioni, mentre per la quarta ($p_{ga}>0.1g$) è necessaria una verifica nei livelli di approfondimento superiori.

Grazie alle analisi granulometriche raccolte all'interno delle indagini geognostiche (sondaggi e prove penetrometriche statiche) all'analisi dei dati sismici dell' area e facendo riferimento dei grafici di figura 7.5 tutta la fascia costiera al di sotto della falesia viene classificata come zona di attenzione per liquefazioni di tipo 1 (ZA_{LQ1}).

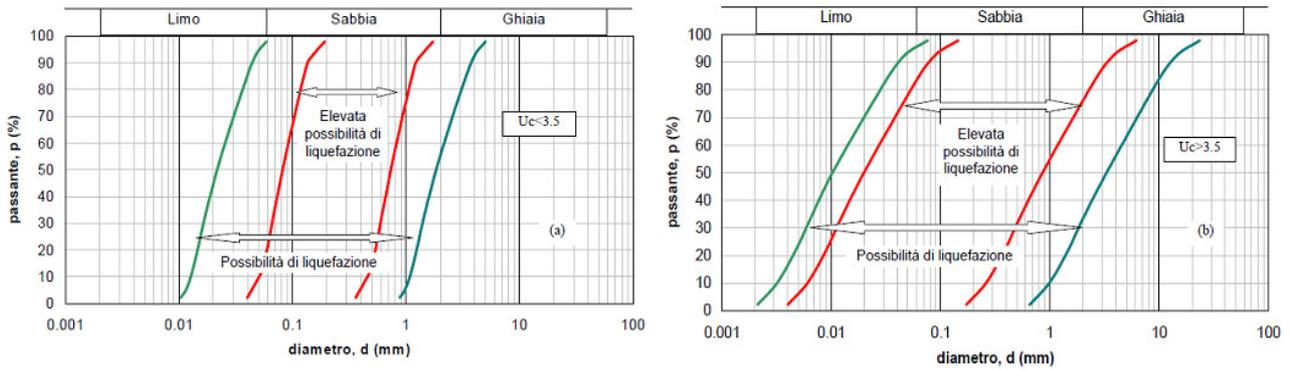


Figura 7.5 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

Per i dettagli si rimanda alla tavola delle MOPS (Fig. 7.6).

Nell'area di studio non sono presenti elementi strutturali (faglie, ecc.), in quanto dalla consultazione del database Itaca non è stato rilevato alcun elemento tettonico nell'area in oggetto.

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN) Relazione Tecnico Illustrativa

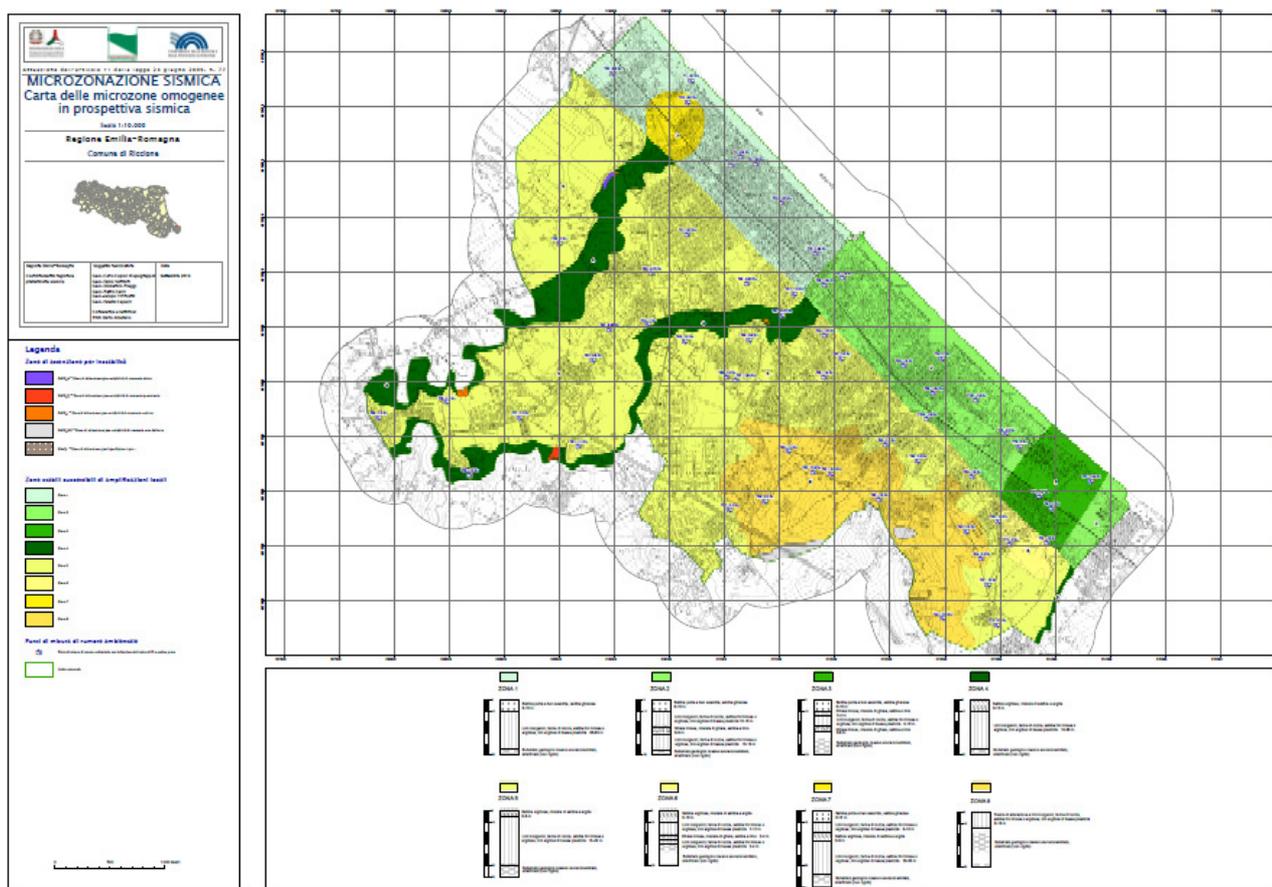


Figura 7.6-Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

8. MICROZONAZIONE SISMICA AL II LIVELLO DI ANALISI

8.1 Carta delle velocità delle onde di taglio s

Per la costruzione della carta delle velocità delle onde di taglio sono stati utilizzati 45 punti di misura suddivisi come segue:

- 3 indagini sismiche in foro (Down-hole);
- 14 Coni sismici;
- 7 Antenne Sismiche di tipo “passivo” (ESAC);
- 21 Antenne Sismiche di tipo “attivo” (MASW).

In Figura 8.1 è possibile osservare la distribuzione sul territorio delle differenti indagini sismiche: ogni rilievo è stato codificato come riportato negli standard di archiviazione e rappresentazione informatica 3.0 allegati a “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”.

In base alla profondità del substrato geologico per ciascun punto di misura è riportato il valore di V30 (per substrato geologico superiore a 30 m) ed di VSh (per substrato geologico inferiore a 30 m).

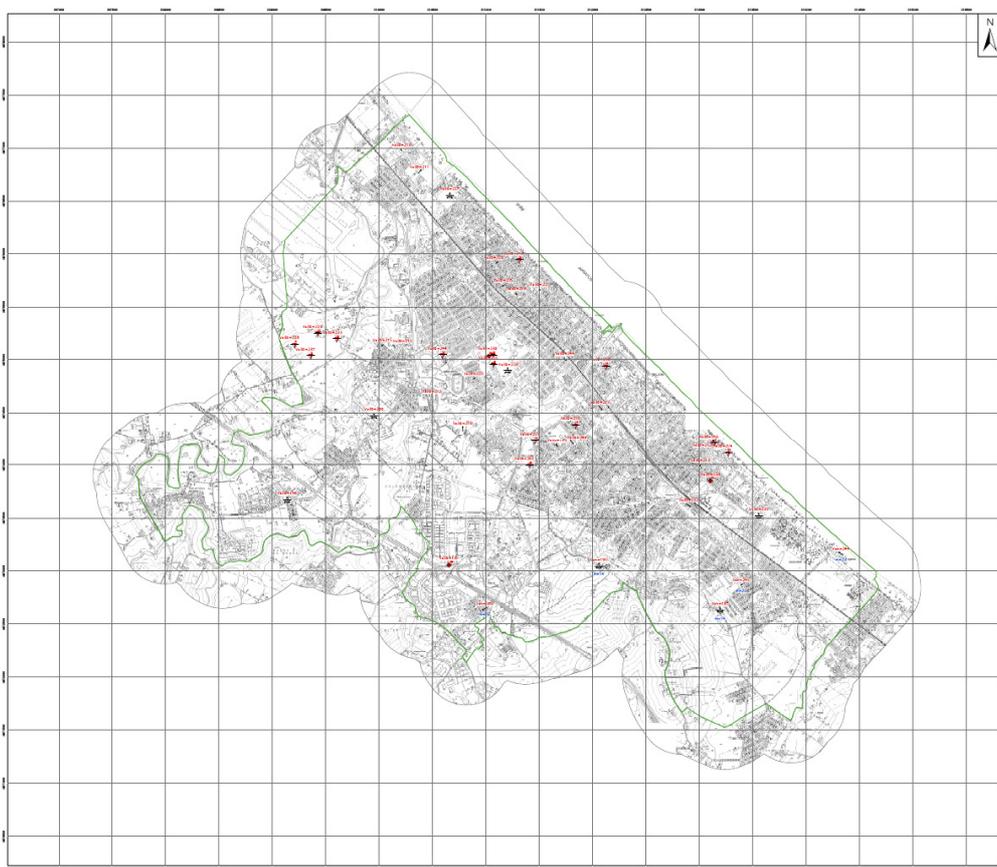


Figura 8.1 - Carta delle velocità delle onde di taglio S

8.2 Carta del Substrato

La ricostruzione della profondità del substrato è stata realizzata attraverso un'operazione di "contour" utilizzando circa un centinaio di punti di partenza ricavati sia dai sondaggi geognostici disponibili sia sfruttando le indagini sismiche e le sezioni litotecniche allegate al presente studio.

Le isolinee riferite alla profondità del substrato sono state, successivamente, differenziate attraverso le classi di colore riportate in Figura 8.2

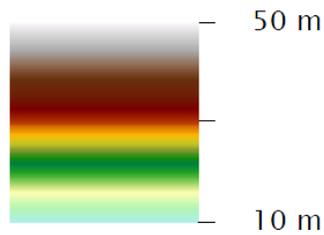


Figura 8.2- Classi di colore riferite alle isolinee del substrato

In Figura 8.3 è riportata la ricostruzione dell'andamento del substrato geologico sotto le coperture che caratterizzano il territorio di Riccione.

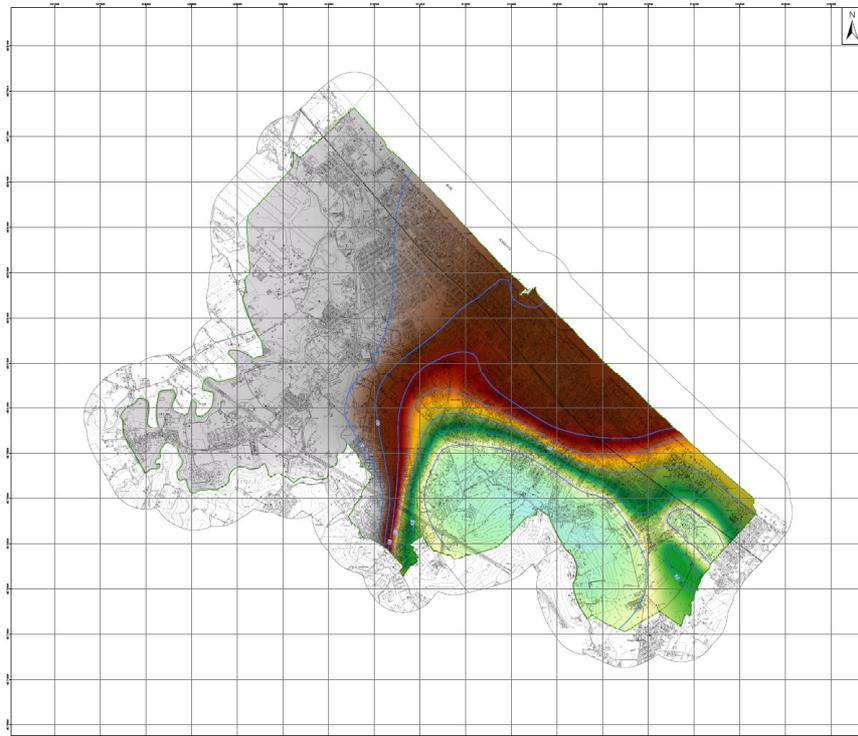


Figura 8.3 - Carta del substrato

8.3 Carte dei Fattori di Amplificazione

I terreni su cui risiede il comune di Riccione, nonostante presentino caratteristiche litologiche differenti (vedi Cap. 6) non mostrano sensibili variazioni nelle caratteristiche fisico-meccaniche. Come emerge dalla carta delle Vs, infatti, le velocità medie (in termini di Vs30 o Vsh) per le Microzone individuate dalla carta MOPS (Microzone Omogene in Prospettiva Sismica) risultano tutte comprese tra valori di 180 e 280 m/s. Per tale ragione l' elemento maggiormente significativo nell'assegnazione dei coefficienti di Amplificazione (FA) è risultato la profondità del substrato geologico.

In Figura 8.4 è riportata la carta dei Fattori di Amplificazione realizzata per periodi dello spettro di risposta compresi tra 0.5-1 s, come è possibile osservare non sono state mantenute particolari corrispondenze con la mappa delle MOPS ma, a conferma di quanto esposto precedentemente, esiste una ottima correlazione con la carta a isolinee del substrato (Isosub).

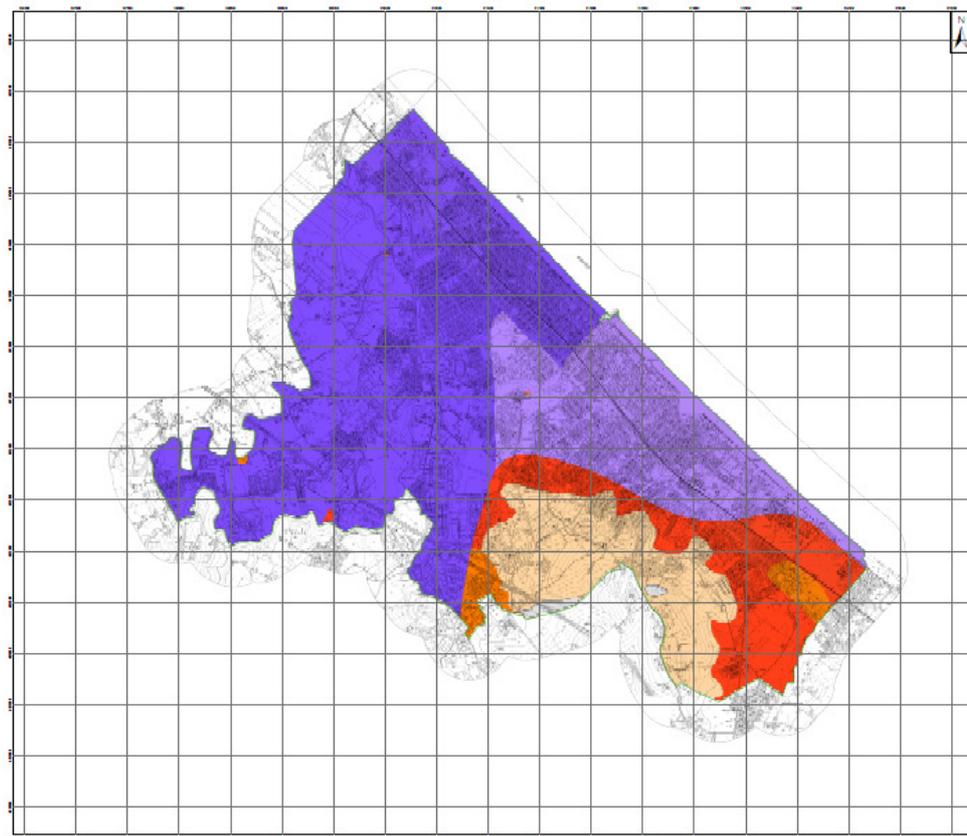


Figura 8.4-Carta di Microzonazione Sismica per periodi dello spettro di risposta compresi tra 0.5-1 s

In dettaglio, le 3 carte di Microzonazione (Fa 0.5-1s; Fa 0.1-0.5s; Fa-PGA) sono state costruite come segue:

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

- A ciascuna Microzona individuata nella carta delle MOPS è stato assegnato in base ai rilievi disponibili riportati nella mappa delle velocità un unico valore rappresentativo di Vs. Tale valore è stato assegnato in termini di Vs30 per le Microzone con substrato geologico posto a profondità maggiori o uguali a 30 m e in termini di Vsh per tutte le aree dove il substrato risulta a profondità inferiori a 30 m.
- In base a ciascun valore Vs assegnato alle varie zone (Vs30 o Vsh in base al caso) è stato successivamente possibile identificare ed accoppiare Microzone con caratteristiche dinamiche simili suddividendo il territorio comunale di Riccione in Macroaree caratterizzate rispettivamente da valori Vs prossimi o pari a 200 m/s e valori Vs prossimi o pari a 250 m/s
- Ciascuna Macroarea è stata nuovamente suddivisa in base all'andamento delle isolinee del substrato. In dettaglio sono state diversificate all'interno di ciascuna Macroarea zone con substrato superiore a 30 m e zone con substrato inferiore a 30 m perdendo, di fatto, alcune corrispondenze con la carta delle MOPS.
- Le aree caratterizzate da substrato inferiore a 30 m sono ulteriormente state suddivise in base al passo delle isolinee determinato dalla mappa isosub. In dettaglio sono state individuate zone con profondità del substrato compresa tra 20-30 m, zone con profondità del substrato compresa tra 10-20 e zone con profondità del substrato compresa tra 0-10 m.
- In base all' abaco "COSTA 1" (pagina 24 dell'allegato 2 per gli studi di Microzonazione Sismica della Regione Emilia Romagna) riportato in Figura 8.5 è stato assegnato, a ciascuna zona caratterizzata da substrato superiore o pari a 30 m di profondità, il Fattore di Amplificazione corrispondente alla classe di Vs30 precedentemente determinata.

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.4	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

Figura 8.5-Abaco "Costa1" (rilasciato dalla Regione Emilia Romagna per il calcolo dei Fattori di Amplificazione al II livello di analisi di Microzonazione Sismica).

Studi di Microzonazione Sismica per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

- In base all'abaco "APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO" (pagina 22 dell'allegato 2 per gli studi di Microzonazione Sismica della Regione Emilia Romagna) riferito a velocità del substrato inferiori a 800 m/s e riportato in Figura 8.6 è stato assegnato, a ciascuna zona caratterizzata da substrato inferiore a 30 m di profondità, il Fattore di Amplificazione corrispondente alla classe di Vsh precedentemente determinata.

F.A. P.G.A.

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Figura 8.6-Abaco "Appennino e Margine appenninico Padano con velocità del substrato minori di 800 m/s"(rilasciato dalla Regione Emilia Romagna per il calcolo dei Fattori di Amplificazione al II livello di analisi di Microzonazione Sismica).

- Gli elaborati finali sono stati realizzati accoppiando aree con valori di FA simili, come riportato negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica 3.0 in allegato alle linee guida per la Microzonazione Sismica. In Figura 8.7 vengono mostrate le classi di colore assegnate.

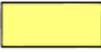
Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0) ¹⁰	
	1.0
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione) ¹¹	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	≥2.5

Figura 8.7-Classi di colore riferite ai Fattori di Amplificazione (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Microzonazione sismica. Versione 3.0)

9. CONCLUSIONI

La microzonazione sismica effettuata sul territorio comunale di Riccione ha valutato la pericolosità sismica sia nelle aree urbane che in quelle di prevista urbanizzazione. Inoltre data anche l'abbondanza delle conoscenze litostratigrafiche e vista la estesa campagna geofisica realizzata, la microzonazione sismica è stata estesa anche al territorio rurale.

Non sono state individuate zone stabili, cioè zone dove non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura. Sono presenti zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale e zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. Per situazioni di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non sono previsti studi di approfondimento di III° livello; mentre nelle zone suscettibili di instabilità è necessario eseguire studi di III° livello di approfondimento, che sono riconducibili sia a situazioni di instabilità gravitativa di varia tipologia che a problematiche legate alla liquefazione.

Infine le carte di microzonazione sismica riportano i valori dei Fattori di Amplificazione (FA) individuati per tutto il territorio comunale a cui riferirsi per studi di approfondimento di III° livello e comunque fondamentali per tutte le valutazioni di carattere urbanistico. Qualora si voglia procedere ad approfondimenti di particolare dettaglio attraverso analisi di risposta sismica locale (RSL), eseguite con criteri di innegabile scientificità e supportate da adeguate indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio, le risultanze ottenute saranno di grande utilità nel confronto con i dati ottenuti nelle carte di microzonazione e potranno essere utilizzate in sostituzione dei valori di FA previsti sul territorio oggetto di RSL.

In relazione al POC del Comune di Riccione ed allo studio geologico realizzato a corredo, sulle aree previste di futura espansione e/o di ristrutturazione urbanistica restano validi tutti gli approfondimenti geologici e le verifiche e valutazioni di microzonazione sismica, effettuate ai sensi della DAL 112/2007, che producono effetti normativi. In particolare in tutti i comparti ove è prevista la realizzazione di studi di III° livello di approfondimento, questi ultimi devono comunque essere eseguiti anche se non direttamente evidenziati nel presente studio.