

# AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: CATTOLICA - FANO

OPERE COMPENSATIVE NEL COMUNE DI PESARO

**NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD**

## PROGETTO DEFINITIVO

### DOCUMENTAZIONE GENERALE

#### GEOLOGIA

#### RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

##### IL GEOLOGO

Dott. Vittorio Boerio  
Ord. Geol. Lombardia N. 794  
RESPONSABILE GEOLOGIA

##### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Michele Parrella  
Ord. Ingg. Avellino N. 933  
PROJECT ENGINEER


##### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia n.1496  
DIVISIONE PROGETTAZIONE E D.L. NUOVE  
OPERE AUTOSTRADALI

##### CODICE IDENTIFICATIVO

Ordinatore  
**NN**

RIFERIMENTO PROGETTO		RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				Rev.	SCALA -
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog, Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS		PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina		
						tipologia	progressivo				
111431	SP01	PD	DG	GEO		00000	00000	R	GEO	0010	-0

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
					n.	data
					0	Novembre 2018
					1	
					2	
REDATTO:		VERIFICATO:		3		
				4		

##### VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Geom. Claudio Cerbarano

##### VISTO DEL CONCEDENTE



**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

# Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	RICERCA BIBLIOGRAFICA.....	4
3	INQUARAMENTO GEOGRAFICO.....	5
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
4.1	CAMPAGNA INDAGINI IN CORSO (IN OTTEMPERANZA ALLA RICHIESTA DEL DM 0000116 DEL 26/03/2018 – MONITORAGGIO AREA RIBASSATA).....	7
4.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE OPERE COMPENSATIVE (CAMPAGNA 2014-TECHNOSOIL).....	7
4.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE OPERE COMPENSATIVE (CAMPAGNA 2010-OC; SONDEDILE).....	8
4.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE OPERE COMPENSATIVE (CAMPAGNA 2009-OC; METHODO).....	8
4.5	INDAGINI GEOGNOSTICHE APLIAMENTO ALLA 3 <sup>^</sup> CORSIA AUTOSTRADA A14.....	8
4.5.1	<i>Indagini di Fase E</i> .....	8
4.5.2	<i>Indagini di Fase B</i> .....	8
4.5.3	<i>Indagini di Fase A</i> .....	9
4.5.4	<i>Indagini Bibliografiche</i> .....	9
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	10
5.1	APPENNINO UMBRO MARCHIGIANO.....	10
5.2	AVANFOSSA MARCHIGIANA.....	12
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	14
6.1	FASCIA MONTANA.....	14
6.2	FASCIA PEDEMONTANA.....	14
6.3	LE PIANURE.....	15
6.4	LA FASCIA COSTIERA.....	16
6.5	IDROGRAFIA E IDROLOGIA.....	16
7	CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI E CATALOGO FAGLIE CAPACI.....	19
7.1	INTRODUZIONE.....	19
7.2	SISMICITA' STORICA.....	21
7.3	SISMICITA' STRUMENTALE - INGV.....	24
7.4	FAGLIE CAPACI.....	26
7.5	STRUTTURE SIMOGENETICHE.....	27
7.6	EVOLUZIONE RECENTE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	30
8	LIQUEFAZIONE.....	35
9	VERIFICA DI P.G.R.A. - P.A.I. - I.F.F.I. - P.R.G. - P.P.A.R.....	36
9.1	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA) (DIRETTIVA 2007/60/CE ART. 7, D.LGS. 49/2010 ART. 7). AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE DELLA MARCHE – UOM ITR111.....	36
9.1.1	<i>Mappe di pericolosità e rischio valutazione globale provvisoria anno 2013. Autorità di Bacino regionale delle marche UoM ITR111</i> .....	37
9.2	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.).....	38
9.3	INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA (I.F.F.I.).....	41
9.4	PIANO REGOLATORE GENERALE (P.R.G.).....	42
9.5	PIANO PAESISTICO AMBIENTALE REGIONALE (P.P.A.R.).....	46
10	CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOLOGICA.....	48
10.1	SUCCESSIONI QUARERNARIE.....	48

10.1.1	Depositi eluvio-colluviali (ec).....	48
10.1.2	Depositi alluvionali attuali e recenti (a2).....	48
10.2	SUCCESSIONI MARINE PLIO-QUATERNARIE .....	52
10.2.1	Depositi prevalentemente sabbioso - limosi (Ps).....	52
10.3	SUCCESSIONI TERRIGENE MIO-PLIOCENICHE.....	53
10.3.1	Depositi prevalentemente sabbiosi (Mar).....	53
10.3.2	Depositi argilloso - marnosi (Mag).....	54
11	CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOMORFOLOGICA.....	56
11.1	FORME STRUTTURALI.....	56
11.1.1	Cresta.....	56
11.1.2	Sella .....	56
11.2	FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA' .....	56
11.2.1	Forme di Denudazione .....	56
11.2.2	Forme di Accumulo .....	57
11.3	FORME FLUVIALI .....	58
11.3.1	Forme di Erosione.....	58
11.4	FORME ANTROPICHE .....	58
12	DESCRIZIONE GEOLOGICA DEI TRACCIATI .....	59
12.1	SVINCOLO DI PESARO SUD.....	59
13	PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO.....	62

## Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 3-1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (ATLANTE STRADALE DE AGOSTINI, RIDISEGNATO).....	5
FIGURA 3-2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL' AREA INTERESSATA DALLE OPERE COMPENSATIVE NEL COMUNE DI PESARO, LO SVINCOLO DI PESARO SUD, OGGETTO DELLA PRESENTE RELAZIONE, È RAPPRESENTATO CON COLORE VERDE.....	6
FIGURA 5-1.	CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA DELLE MARCHE (TRATTA DA DEIANA & PAMBIANCHI, 2002).....	11
FIGURA 6-1.	ESTENSIONE DEI DEPOSITI FLUVIALI DEI CORSI D'ACQUA DELLE MARCHE (TRATTO DA CARLONI ET ALII, 1975).....	15
FIGURA 6-2.	REGIONE MARCHIGIANO-ABRUZZESE: DISTRIBUZIONE DELLE FORMAZIONI PLIO-PLEISTOCENICHE MARINE, FRANE STUDIATE, ISOIETE E VOLUMI FOCALI (TRATTA DA CANCELLI ET ALII, 1984).....	16
FIGURA 6-3.	SCHEMA DELLA REGIONE MARCHE MOSTRANTE L' ANDAMENTO DEI PRINCIPALI FIUMI (TRATTO DA NANNI & VIVALDA, 1986).....	17
FIGURA 7-1.	ZONAZIONE SISMOTETTONICA (A: ZONA INTERNA, B: ZONA INTERMEDIA, C: ZONA ESTERNA) E MECCANISMI FOCALI (TRATTO DA PASSERI, 1994).....	19
FIGURA 7-2.	EPICENTRI DEI TERREMOTI CON MAGNITUDO $M \geq 3$ DAL 1970 AL 1990 E DEI TERREMOTI CATASTROFICI (ASTERISCHI) CON $I_0 = X$ O $IX-X$ , DELL'ULTIMO SECOLO (TRATTO DA PASSERI, 1994).....	20
TABELLA 7-1.	ISTITUTO NAZIONALE DI SISMICA E VULCANOLOGIA - CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI 2015 - DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2015 - FILE DOWNLOADED FROM CPTI15 - DBMI15 – STORIA SISMICA DI PESARO (IT_50783) - No. OF REPORTED EARTHQUAKES: 104.....	22
FIGURA 7-3-	CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI 2015 - DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2015 - SEISMIC HISTORY_IT_50783 - INTENSITÀ MACROSISMICHE REGISTRATE DAL DATA BASE DBM15 PER IL COMUNE DI PESARO, I RELATIVI VALORI SONO RIPORTATI IN TABELLA 7-1. ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018. ....	24
FIGURA 7-4-	DISTRIBUZIONE DEI TERREMOTI LOCALIZZATI IN TEMPO REALE DALL'INGV CENTRO NAZIONALE DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO DI 50 KM DAL COMUNE DI PESARO (2005-2018). I DATI E I RISULTATI PUBBLICATI DALL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA SONO DISTRIBUITI SOTTO LICENZA CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL LICENSE. BASATO SU UN LAVORO PRESSO CENTRO NAZIONALE TERREMOTI. (ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018).....	25
FIGURA 7-5-	DETTAGLIO SU PESARO. (ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018) .....	25

FIGURA 7-6- ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI - ISPRA-DIPARTIMENTO PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. (ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018) .....	26
FIGURA 7-7- ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 DELL'ITALIA CENTRO-SETTENTRIONALE (A CURA DI C. MELETTI E G. VALENSISE MARZO 2004). I LIMITI DI COLORE NERO SEPARANO ZONE CON ANALOGO SIGNIFICATO CINEMATICO, CHE DIFFERISCONO PRINCIPALMENTE PER LE CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ.....	28
FIGURA 7-8- MAPPA DELLE AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE (FONTE: DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENICS SOURCE VERSIONE 3.2.1. (ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018)).....	29
FIGURA 7-9- SORGENTE FANO ARDIZIO PROIETTATA SU SEZIONE ANNA - MTE . AMIATA DI BALLY ET AL. [ 1986 ] . SI NOTI L'ANTICLINALE COSTIERA LA CUI CRESCITA PUÒ ESSERE GUIDATA DA SLITTAMENTO LUNGO LA FAGLIA DI FANO ARDIZIO ( DA BALLY ET AL . [ 1986 ] ).....	29
FIGURA 7-10- MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO DELLE MARCHE, ORDINANZA DEL PCM N. 3274 / 2003. SITO WEB REGIONE MARCHE, ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018. ....	30
FIGURA 7-11- STRALCIO MAPPA DI CLASSIFICAZIONE SISMICA AL 2015 (DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE, UFFICIO RISCHIO SIMICO E VULCANICO), ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018. ....	31
FIGURA 7-12- MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE.....	32
FIGURA 9-1. DISTRETTI IN CUI È STATO RIPARTITO IL TERRITORIO DI COMPETENZA DELLA AUTORITÀ DI BACINO REGIONALI DELLE MARCHE (REGIONE MARCHE). ....	36
FIGURA 9-2. REGIONE MARCHE – AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE (DIRETTIVA ALLUVIONI) (ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018). IN ROSSO SONO EVIDENZIATE LE AREE DI STUDIO.....	38
FIGURA 9-3. REGIONE MARCHE – AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE (CARTOGRAFIA PAI AGGIORNATA AL DECRETO DEL SEGR. GEN. ADB DISTRETTUALE APP. CENTRALE N. 96 DEL 26/09/2018 PROCESSO IN CORSO DI APPROVAZIONE DI VARIANTE AGGIORNAMENTO PAI 2016 (ACCESSO DELL'OTTOBRE 2018). IL CERCHIO BLU INDIVIDUA L'AREA DI STUDIO. ....	39
FIGURA 9-4. REGIONE MARCHE – AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE - PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO PAI VIGENTE PRE AGGIORNAMENTO 2016. VISUALIZZATORE WEB-GIS (ACCESSO OTTOBRE 2018). IL CERCHIO BLU INDIVIDUA LE AREE DI STUDIO. ....	40
FIGURA 9-5. REGIONE MARCHE – AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE - PAI AGGIORNAMENTO 2016 – ALLEGATO SABFEV20160718 AL DECRETO DEL SEGRETARIO GENERALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE – CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO TAV RI 6D. (ACCESSO OTTOBRE 2018). IL CERCHIO BLU INDIVIDUA LE AREE DI STUDIO. ....	40
FIGURA 9-6. ISPRA - SINANET PROGETTO IFFI (ACCESSO 'OTTOBRE 2018). IL CERCHIO GIALLO INDIVIDUA LE AREE DI STUDIO. ....	41
FIGURA 9-7. PROGETTO IFFI - REGIONE MARCHE (HTTP://CTR.REGIONE.MARCHE.IT/PROGETTOIFFI/ (ACCESSO OTTOBRE 2018)..	42
FIGURA 9-8. COMUNE DI PESARO PRG2000_10 OTTOBRE 2018-CATASTO_4 OTTOBRE 2018. SITO WEB - VINCOLI GEOLOGICI (ACCESSO OTTOBRE 2018). ....	43
FIGURA 9-9. COMUNE DI PESARO PRG2000_10 OTTOBRE 2018-CATASTO_4 OTTOBRE 2018. SITO WEB - PPAR SISTEMA GEOMORFOLOGICO (ACCESSO OTTOBRE 2018). ....	44
FIGURA 9-10. COMUNE DI PESARO PRG2000 – INDAGINI. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA (ACCESSO OTTOBRE 2018). ....	45
FIGURA 9-11. COMUNE DI PESARO PRG2000 – INDAGINI. PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA (ACCESSO OTTOBRE 2018). IL CERCHIO ROSSO INDIVIDUA LE AREE DI STUDIO. ....	46
FIGURA 9-12. PPAR TAV. 3A - EMERGENZE GEOLOGICHE (ART.28) (ACCESSO OTTOBRE 2018). IL CERCHIO ROSSO INDIVIDUA LE AREE DI STUDIO.....	47
FIGURA 10-1. DEPOSITI ALLUVIONALI (A2) IN SONDAGGIO – S(ocp)4 (METHODO 2009). ....	49
FIGURA 10-2. DEPOSITI ALLUVIONALI (A2) IN SONDAGGIO – S(ocp)5 (5-10 /15-20 METRI) (METHODO 2009). ....	50
FIGURA 10-3. DEPOSITI ALLUVIONALI (A2) IN SONDAGGIO – S(oc)4 (SONDEDILE 2010). ....	50
FIGURA 10-4. DEPOSITI ALLUVIONALI (A2) IN SONDAGGIO – S(ocSv)2 (TECHNOSOIL 2014). ....	51
FIGURA 10-5. DEPOSITI ALLUVIONALI (A2) IN SONDAGGIO – S(ocSv)1 (TECHNOSOIL 2014). ....	51
FIGURA 10-6. DEPOSITI ALLUVIONALI (A2) IN SONDAGGIO (S(ocPM)1). (ZONA MURAGLIA, AD EST DELL'AREA DI STUDIO). ....	52
FIGURA 10-7. DEPOSITI LIMOSO SABBIOSI PLIOCENICI (Ps) IN SONDAGGIO (S(ocM)1 E S(ocM)3). (ZONA MURAGLIA, AD EST DELL'AREA DI STUDIO).....	53
FIGURA 10-8. DEPOSITI PREVALENTEMENTE SABBIOSI MIO-PLIOCENICI (MAR) IN SONDAGGIO (S(ocPSV)1 SG 2017, (S(ocSV)1 E S(ocSV)3) – TECHNOSOIL 2014. ....	54
FIGURA 10-9. DEPOSITI PREVALENTEMENTE ARGILLOSO – MARNOSI MIO-PLIOCENICI (MAG) IN SONDAGGIO (E2-S20). ....	55

## 1 PREMESSA

Il presente studio è stato redatto a supporto della progettazione definitiva del nuovo svincolo di Pesaro sud, questo intervento si inserisce in un progetto più ampio relativo alla progettazione delle opere compensative nel comune di Pesaro.

Lo scopo del lavoro consiste nell'illustrare gli elementi geologici e geomorfologici utili a focalizzare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni interessati dall'intervento in progetto.

Il presente lavoro prende spunto da un precedente studio geologico relativo alla progettazione esecutiva per l'ampliamento alla 3<sup>a</sup> corsia del tratto di A14 compreso tra Cattolica e Fano.

Le attività di studio sono state articolate secondo il seguente schema:

- inquadramento e caratterizzazione geologica e geomorfologica, ottenuta mediante la ricerca bibliografica di dati pregressi ed esecuzione di una specifica campagna d'indagine geognostica. L'intera area di studio è stata descritta per ambiti omogenei di inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

Nell'ambito degli obiettivi precedentemente esposti, si intende definire quanto segue:

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione litologico-tecnica e strutturale delle singole formazioni che, nel contempo, tenga conto delle classificazioni litostratigrafiche e cronostratigrafiche convenzionali;
- assetto geomorfologico del territorio con particolare riferimento ai fenomeni in atto.

L'obiettivo è stato raggiunto redigendo elaborati planimetrici in scala 1:5.000 quali la planimetria di la carta geologica, la carta geomorfologica e la perimetrazione delle aree PAI e la carta di ubicazione delle indagini geognostiche oltre a profili geologici longitudinali in scala 1:5.000/500 e 1:5.000/5000.

La presente relazione descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati al progetto. La relazione contiene anche un capitolo di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista della sismicità.

La definizione dell'accelerazione sismica di riferimento, della quota di falda di progetto, delle interferenze fra infrastruttura e la falda idrica, la stima quantitativa dei volumi potenzialmente instabili, la definizione degli interventi di minimizzazione / stabilizzazione, la caratterizzazione delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico, i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere, non sono argomenti oggetto della presente relazione geologico – geomorfologica. Qualora la progettazione delle opere in argomento e/o i vincoli territoriali implicassero la definizione dei tematismi sopra elencati, essi sarebbero sviluppati nell'ambito di specifiche relazioni ingegneristiche

## 2 RICERCA BIBLIOGRAFICA

Per la redazione dello studio è stata utilizzata la documentazione disponibile, sia attraverso pubblicazioni di settore, sia interessando gli enti e istituzioni territorialmente competenti.

In coda alla relazione sono riportati i riferimenti bibliografici relativi a tutta la documentazione reperita, utilizzata e citata nel testo.

I dati di base utili all'inquadramento geologico e geomorfologico dell'area in esame sono stati ricavati dai seguenti documenti:

- Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (Progetto CARG): Foglio 268 Pesaro
- Geoportale Regione Marche: cartografia on-line (Carta Geologica Regionale, edizione CTR scala 1:10.000, sezioni 268110-268120)
- Comune di Pesaro: Cartografia online annessa al PRG (PRG 2000) e rapporti con il personale tecnico;
- Autorità di Bacino Marche - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo regionale approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004
- Inventario Fenomeni Franosi (Progetto IFFI)
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) – classificazione sismica
- Dipartimento di Protezione Civile (Presidenza del Consiglio dei Ministri) - Classificazione Sismica
- Regione Marche, dipartimento di Protezione Civile – Rischio sismico Regione Marche.
- Regione Marche: Servizio Tutela, Gestione e Assetto del Territorio

### 3 INQUARAMENTO GEOGRAFICO

Le Marche costituiscono la parte meridionale più esterna dell'Appennino settentrionale; l'aspetto orografico di questa regione è molto diversificato e può essere suddiviso in tre fasce longitudinali, che da ovest ad est sono: la fascia pre-appenninica, la fascia appenninica propriamente detta e la fascia sub-appenninica.

In particolare, la fascia sub-appenninica in cui si colloca l'area di studio, è estesa ad oriente fino al litorale Adriatico, essenzialmente collinare, ad eccezione della parte pedemontana che da Cingoli si spinge fino ai M.ti della Laga, dove si raggiungono quote elevate fino ai 1.954 m s.l.m. di Colle la Tana. Locali aree più elevate, quali i M.ti della Cesana, il M. Conero, la dorsale di Cingoli, la dorsale di Acquasanta, interrompono l'uniformità del paesaggio collinare di questa fascia.



Figura 3-1. Inquadramento geografico (Atlante stradale De Agostini, ridisegnato).

Le opere compensative interessate dalla progettazione ricadono nella porzione centro orientale del comune di Pesaro nel tratto compreso tra il km 160+500 ed il km 161+900 circa dell'autostrada A14.

In particolare lo Svincolo di Pesaro sud si sviluppa nella valle del Rio Genica con andamento all'incirca parallelo a quello del corso d'acqua ed interseca il tracciato dell'autostrada A14 all'altezza del km 161+200 circa. L'area del casello si sviluppa nella piana alluvionale mentre le rampe lambiscono, mantenendosi a quote di circa 35-40 m s.l.m., la parte basale dei rilievi collinari che raggiungono in questa zona quota di circa 80 m s.l.m. Morfologicamente l'area è caratterizzata da blandi rilievi collinari degradanti verso mare e da una estesa pianura alluvionale.



Figura 3-2. Inquadramento geografico dell'area interessata dalle Opere Compensative nel comune di Pesaro, lo Svincolo di Pesaro Sud, oggetto della presente relazione, è rappresentato con colore verde.



## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche finalizzate alla progettazione dello Svincolo di Pesaro sud, sono state condotte contestualmente alle indagini sviluppate per la progettazione delle Opere Compensative nel Comune di Pesaro di cui di seguito si riporta una sintesi. In particolare, per la progettazione dei tratti stradali è stata predisposta una campagna di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio) condotta in diverse fasi: 2009, 2010, oltre ad una campagna integrativa condotta nei mesi di aprile maggio e dicembre 2014. Attualmente è in corso una campagna di indagini finalizzata al monitoraggio piezometrico della porzione di aria ribassata oltre che alla caratterizzazione geotecnica e geologica dei terreni; queste indagini saranno utilizzate nell'ambito della progettazione esecutiva, ma sono state avviate fin d'ora in maniera tale da poter acquisire dati in diversi periodi dell'anno.

Le indagini geognostiche sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate, secondo la seguente suddivisione di responsabilità: dal geologo responsabile dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica; dall'ingegnere responsabile dell'ufficio opere all'aperto (APE) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre; dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea e dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM) per quanto riguarda la caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo.

Alle indagini sopra menzionate si affianca la geognostica progressiva realizzata per la progettazione alla 3<sup>a</sup> corsia dei tratti autostradale compresi tra Cattolica - Fano. In particolare le indagini sono distinte in tre fasi di cui la prima (fase A) è stata condotta durante i primi mesi del 2003, la seconda nell'inverno 2004-2005 (fase B) e l'ultima (fase E) nel primo semestre 2006.

Nei paragrafi seguenti si sintetizza brevemente la tipologia delle indagini effettuate, con particolare riguardo a quelle in sito, particolarmente utili ai fini della ricostruzione geologica del sottosuolo.

### 4.1 CAMPAGNA INDAGINI IN CORSO (IN OTTEMPERANZA ALLA RICHIESTA DEL DM 0000116 DEL 26/03/2018 – MONITORAGGIO AREA RIBASSATA)

Le indagini in progetto prevedono l'esecuzione di n. 4 sondaggi geognostici di cui due da eseguire a carotaggio continuo e due a distruzione di nucleo spinti fino alla profondità di 30 metri da p.c., n. 4 pozzetti esplorativi superficiali e una stesa sismica di tipo MASW.

Nei fori di sondaggio è prevista l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche tipo STP, oltre al prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati ed esecuzione di prove di permeabilità. I fori di sondaggio saranno attrezzati con strumentazione piezometrica dedicata al monitoraggio della falda.

Sui campioni prelevati in sondaggio ed in pozzetto è prevista una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche e meccaniche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di compressibilità dei litotipi attraversati.

### 4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE OPERE COMPENSATIVE (CAMPAGNA 2014-TECHNOSOIL)

Delle indagini eseguite per le Opere Compensative, nell'area circostante lo svincolo di Pesaro sud sono stati realizzati n. 3 pozzetti esplorativi con esecuzione di prove di carico su piastra e densità in sito oltre al prelievo di campioni rimaneggiati sui quali è stata successivamente eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche (granulometrie e limiti). In corrispondenza di 2 dei pozzetti (Pz(ocsv)4 e Pz(ocsv)2) sono stati inoltre prelevati campioni finalizzati ad analisi chimico ambientale.

Sono stati inoltre eseguiti n. 28 campionamenti finalizzati ad analisi chimico ambientali del terreno, in accordo alla normativa ambientale (verifica della rispondenza dei terreni in ottemperanza a quanto prescritto dal Testo Unico Ambientale - Allegato 5 Tabella 1 colonne A e B Dlgs. 152/2006 e succ.).

### 4.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE OPERE COMPENSATIVE (CAMPAGNA 2010-OC; SONDEDILE)

Delle indagini eseguite per le Opere Compensative, nell'area circostante lo svincolo di Pesaro sud, è stato realizzato a carotaggio continuo n. 1 sondaggio geognostico (Soc4) spinto fino alla profondità di 25 m da p.c.

Nel foro di sondaggio, sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc, prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, oltre al prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati. I fori di sondaggio sono stati attrezzati con strumentazione piezometrica dedicata al monitoraggio della falda.

Sui campioni prelevati in sondaggio è stata eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche e meccaniche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di compressibilità dei litotipi attraversati.

### 4.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE OPERE COMPENSATIVE (CAMPAGNA 2009-OC; METHODO)

Delle indagini eseguite per le Opere Compensative, nell'area circostante lo svincolo di Pesaro sud, sono stati realizzati a carotaggio continuo n. 3 sondaggi geognostici (Socp4, Socp5, Socp6) spinti a profondità variabili fino alla profondità di 30 m da p.c. oltre a n. 4 pozzetti esplorativi superficiali (pzocp7, pzocp8, pzocp9, pzocp10).

Nei fori di sondaggio, sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc, prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, oltre al prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati. I fori di sondaggio sono stati attrezzati con strumentazione piezometrica dedicata al monitoraggio della falda. Nei pozzetti esplorativi sono state eseguite prove di carico su piastra e di densità in sito.

Sui campioni prelevati in sondaggio ed in pozzetto è stata eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche e meccaniche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di compressibilità dei litotipi attraversati.

### 4.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE APLIAMENTO ALLA 3^ CORSIA AUTOSTRADA A14

#### 4.5.1 Indagini di Fase E

Ricadono nell'area circostante lo Svincolo di Pesaro sud n. 3 sondaggi geognostici (E2-S23, E2-S24 e E2-S25); n.1 prova penetrometrica dinamica (E2-DPSH3); n. 3 pozzetti esplorativi (E2-pzG1, E2-pzG2, E2-pz9) e n. 1 stesa sismica a rifrazione (E2-RS2).

Nei fori di sondaggio, sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc, prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, oltre al prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati. I fori di sondaggio sono stati attrezzati con strumentazione piezometrica dedicata al monitoraggio della falda. Nei pozzetti esplorativi sono state eseguite prove di carico su piastra e di densità in sito.

Sui campioni prelevati in sondaggio ed in pozzetto è stata eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche e meccaniche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di compressibilità dei litotipi attraversati.

Sono state inoltre realizzate analisi chimico-ambientali su n. 1 campione di terreno prelevato in prossimità del km 160+600 (CA7). Le analisi sono state finalizzate alla verifica della rispondenza dei terreni in ottemperanza a quanto prescritto dal Testo Unico Ambientale (colonne A e B Dlgs. 152/2006, Allegato 5 Tabella 1).

#### 4.5.2 Indagini di Fase B

Ricadono nell'area circostante lo Svincolo di Pesaro sud n. 2 sondaggi geognostici (B3-S1, B3-S2) e n. 2 pozzetti esplorativi (B3-pzR1, B3-PzT1).

Nei fori di sondaggio, sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc, prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, oltre al prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati. I fori di sondaggio sono stati attrezzati con strumentazione piezometrica dedicata al monitoraggio della falda. Nei pozzetti esplorativi sono state eseguite prove di carico su piastra e di densità in sito.

Sui campioni prelevati in sondaggio ed in pozzetto è stata eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche e meccaniche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di compressibilità dei litotipi attraversati.

#### **4.5.3 Indagini di Fase A**

Ricadono nell'area circostante lo Svincolo di Pesaro sud n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (L3-P17, L3-P18) e n. 1 pozzetto esplorativo (L3-PZ6). Nei pozzetti esplorativi sono state eseguite prove di carico su piastra e di densità in sito.

Sui campioni prelevati in pozzetto è stata eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche.

#### **4.5.4 Indagini Bibliografiche**

Si tratta di geognostica "pregressa" realizzata in periodi diversi da Autostrade. Di queste ricadono in prossimità dell'area interessata dalla svincolo (rampa B al pk 161+650 circa dell'autostrada A14) n. 3 sondaggi (SPz1, SPz2, S1).

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area marchigiana è caratterizzata da una notevole complessità geologica, in quanto interessata da formazioni ed unità provenienti da domini paleogeografici e strutturali anche molto diversi; in particolare si individuano due settori principali: l'Appennino Umbro-Marchigiano, in cui affiorano alcune tra le formazioni più antiche che si rinvencono nella catena appenninica, e l'Avanfossa Marchigiana.

L'Umbro - Marchigiano è un settore paleo-geografico che, a partire dal Giurassico, si è differenziato dalla Piattaforma carbonatica laziale - abruzzese in seguito all'azione di una importante fase tettonica distensiva (entrambi questi domini appartengono all'Appennino centrale).

L'Avanfossa invece è suddivisibile in Bacino Marchigiano Interno ed in Bacino Marchigiano Esterno, si è formata in seguito alle prime fasi di corrugamento mioceniche che hanno determinato l'individuazione di bacini di avanfossa orientati in senso appenninico e progressivamente migranti verso est.

Le peculiari caratteristiche della fascia di territorio in oggetto consentono di effettuare una distinzione in unità geologico - strutturali sulla base della litostratigrafia e dell'assetto tettonico. Infatti una fase tettonica compressiva, iniziata nel Tortoniano, ha determinato notevoli raccorciamenti ed ispessimenti in corrispondenza della catena appenninica, formando complessi edifici a thrust con vergenza orientale; tali strutture compressive, accompagnate dalla formazione di bacini di avanfossa, si sono progressivamente spostate nel tempo da W verso E ed oggi si ritrovano, sepolte sotto i sedimenti marini, al largo della costa.

La fase compressiva termina nel Pliocene inferiore nell'ambito della porzione interna della catena (Calamita et alii, 1990), mentre continua lungo la costa adriatica (Dramis et alii, 2002), seguita a sua volta da una fase tettonica distensiva, che ha determinato lo sviluppo di faglie normali di notevole rigetto, a principale direzione appenninica e ribassanti verso W.

Nel Pleistocene inferiore un generale sollevamento ha determinato un forte approfondimento dei sistemi idrografici (Conti et alii, 1983; Gentili & Pambianchi, 1987); infine durante tutto il Quaternario domina la morfogenesi da parte degli agenti esogeni, che si sovrappone ai processi tettonici e sedimentari (Passeri, 1994).

Di seguito saranno descritte le principali unità geologico - strutturali, corrispondenti all'Appennino Umbro - Marchigiano e all'Avanfossa Marchigiana.

### 5.1 APPENNINO UMBRO MARCHIGIANO

L'Appennino Umbro-Marchigiano non è direttamente attraversato dal tracciato autostradale e risulta compreso tra il dominio umbro interno (disposto ad W) e l'Avanfossa marchigiana (disposta ad E), corrisponde all'area di catena in cui dominano i rilievi carbonatici (Figura 5-1).

Dal punto di vista litologico, l'Appennino Umbro-Marchigiano è caratterizzato da successioni sedimentarie prevalentemente pelagiche, in cui la parte basale è riferibile ad ambienti sedimentari di acqua bassa, ascrivibili al Trias sup. - Liassico inf.

I litotipi rilevati sono infatti costituiti da evaporiti (Anidridi di Burano), calcari e marne (Formazione del Monte Cetona), che giacciono al di sotto di calcari appartenenti alla formazione del Calcare Massiccio.

La parte superiore (ambiente pelagico ed emipelagico) è costituita da sedimenti calcareo - marnosi ed argillosi del Giurassico - Paleogene, che procedendo dal basso verso l'alto della serie sono inquadrabili nell'ambito delle seguenti formazioni: Corniola, Marne del M. Serrone, Rosso Ammonitico, Calcari e Marne a Posidonia, Calcari Diasprigni, Calcare a Saccocoma ed Aptici, Bugarone, Maiolica, Marne a Fucoidi, Scaglia Bianca, Scaglia Rossa, Scaglia Variegata e Scaglia Cinerea (Passeri, 1994).

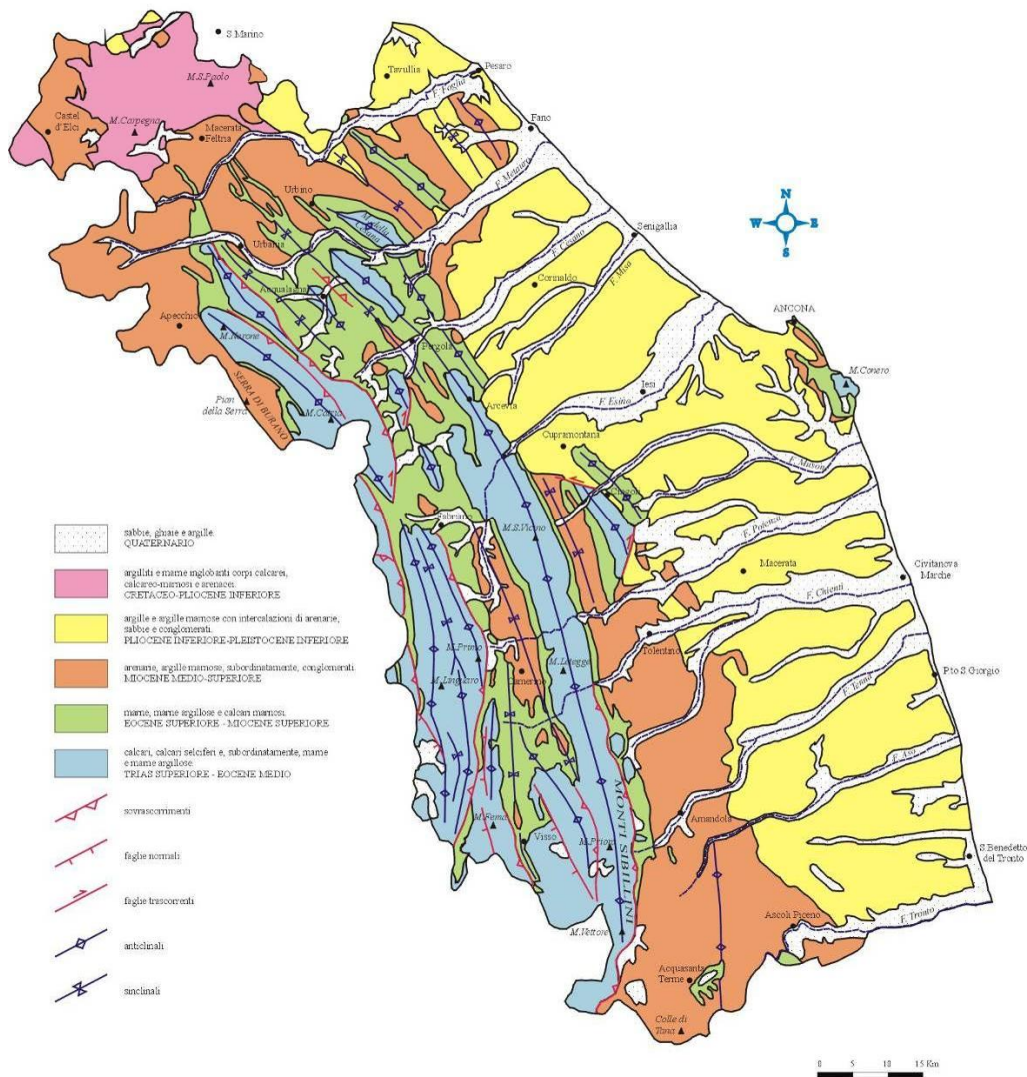


Figura 5-1. Carta geologica schematica delle Marche (tratta da Deiana & Pambianchi, 2002).

Inoltre, sempre nell'Appennino Umbro-Marchigiano si rinvencono depositi continentali quaternari principalmente costituiti da detriti di versante, conoidi alluvionali, depositi travertinosi e suoli. I travertini, molto diffusi e generalmente di limitate dimensioni (Cilla et alii, 1994), si rinvencono nelle aree sorgentizie situate a margine delle dorsali carbonatiche. I suoli presenti nell'Appennino calcareo Umbro-Marchigiano si distinguono in base alle diverse situazioni fisiografiche (Passeri, 1994).

Dal punto di vista tettonico, l'Appennino Umbro-Marchigiano è caratterizzato da domini strutturali con forma arcuata e convessità orientale, formati durante le fasi tettoniche compressive e disarticolati da sforzi distensivi; lo stile tettonico è principalmente a pieghe e sovrascorrimenti, subordinatamente a faglie inverse, trascorrenti e traspressive (Figura 5-2).

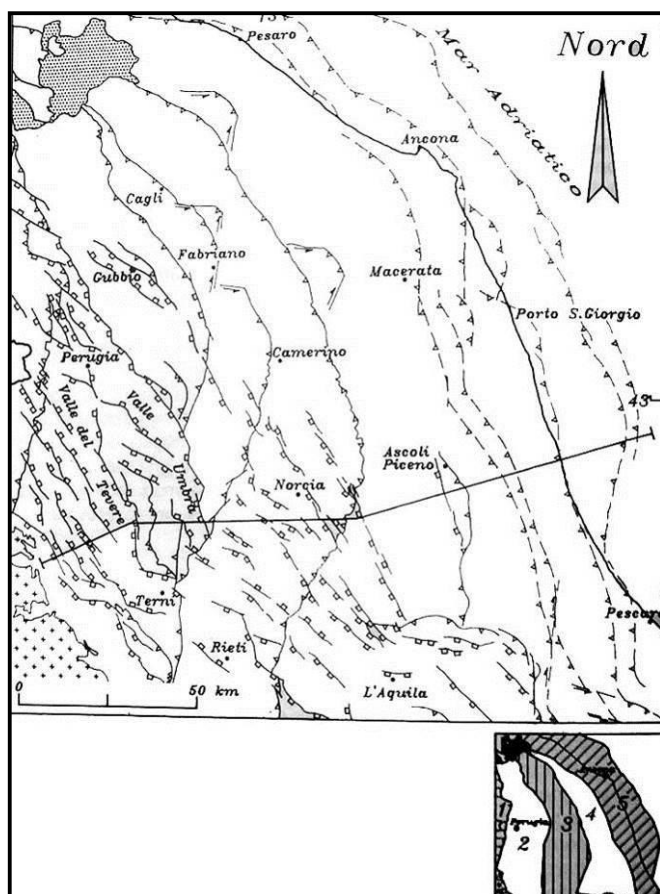


Figura 5-2. - Carta strutturale dell'area umbro-marchigiana (tratto da PASSERI, 1994). 1) vulcaniti pleistoceniche (Vulsini); 2) colata della Val Marecchia; 3) sovrascorrimenti, faglie inverse e trasgressive; 4) sovrascorrimenti sepolti dall'avanfossa marchigiana ed adriatica; 5) faglie dirette e transtensive. In basso a destra, schema dei domini strutturali compressivi, deformati e traslati verso E nel tempo: 1) dominio della falda del Cervarola; 2) dominio umbro interno; 3) catena carbonatica appenninica; 4) avanfossa marchigiana deformata; 5) avanfossa adriatica deformata.

I lineamenti strutturali più importanti sono il fronte di sovrascorrimento dell'Unità Falterona-Cervarola, che determina l'accavallamento delle rocce appartenenti al Dominio Toscano su quello Umbro-Romagnolo, e la linea Ancona - Anzio, che separa il Dominio Umbro-Marchigiano da quello Laziale - Abruzzese (Passeri, 1994).

## 5.2 AVANFOSSA MARCHIGIANA

L'Avanfossa Marchigiana rappresenta un tratto dell'avanfossa appenninica. E' suddivisa in Bacino Marchigiano Interno e Bacino Marchigiano Esterno (o Bacino Periadriatico Auct.); è limitata a SW dalla Catena Appenninica Marchigiana, di cui si è precedentemente parlato, ed a NW dalla Colata Gravitativa della Val Marecchia (Ruggieri, 1958); quest'ultima è un complesso alloctono costituito in prevalenza da depositi argillitici caotici (Argille scagliose Auct.) formatasi per effetto di fenomeni gravitativi succedutisi da W verso E (Veneri, 1986; AA.VV, 1990).

L'Avanfossa Marchigiana è una vasta depressione a forte subsidenza venutasi a creare, unitamente al Bacino Umbro-Romagnolo, in seguito alla migrazione verso E dell'avampaese appenninico (Passeri, 1994). Tale struttura appare in grado di controllare la sedimentazione miocenica (Boccaletti et alii, 1986), determinando la perdita di uniformità del dominio umbro-marchigiano (Calamita et alii, 1986).

Dal punto di vista litologico, l'Avanfossa Marchigiana è caratterizzata da una successione terrigena, costituita da sedimenti marnosi e calcareo - siliceo - marnosi, appartenenti alla Formazione del Bisciario, seguiti da formazioni marnose e marnoso - calcareo - argillose tra loro eteropiche, rappresentate dallo Schlier, dalle Marne con Cerrognola e dalle Marne a Pteropodi (Passeri, 1994). Superiormente tale successione terrigena assume caratteristiche torbiditiche in facies prevalentemente pelitico-arenacea ed arenacea; in particolare il Bacino Marchigiano Esterno è costituito dalla Formazione Marnoso Arenacea "urbinate" e dalla Formazione di S. Donato nella parte settentrionale, dalla Formazione della Laga nel settore meridionale. Inoltre, sono ben rappresentati anche i depositi evaporitici messiniani

appartenenti alla Formazione Gessoso - Solfifera, seguiti da argille e marne con intercalazioni calcaree di origine chimica, appartenenti, invece, alla Formazione delle Argille a Colombacci.

La formazione Mio - Pliocenica delle argille a Colombacci, i sedimenti marini del Plio-Pleistocene ed i depositi continentali quaternari rappresentano i terreni sui quali si impostano le opere in progetto.

I sedimenti marini Plio - Pleistocenici segnano il passaggio dall' ambiente marino a quello continentale (Passeri, 1994); affiorano unicamente nel Bacino Marchigiano Esterno e sono caratterizzati da una continuità di sedimentazione nelle zone più profonde e nelle aree più distali del bacino, mentre negli alti strutturali e nelle zone marginali sono presenti lacune sedimentarie e superfici di discontinuità angolari, che consentono di individuare 5 principali sequenze deposizionali marine (Mithcum et alii, 1977).

I depositi continentali quaternari sono invece principalmente costituiti da depositi alluvionali, da depositi di versante e da coperture pedologiche. I depositi alluvionali sono prevalentemente dei sedimenti provenienti dall'entroterra calcareo marchigiano (Fancelli & Radrizzani, 1964), ghiaie sabbiose argillose ed argille limose, spesso contenenti prodotti di rimaneggiamento dei depositi di versante (Nesci & Savelli, 1986); si distinguono poi alluvioni attuali e terrazzate. Queste ultime sono organizzate in diversi ordini di terrazzi poligenici (Passeri, 1994), di cui si osservano numerosi lembi discontinui nei tratti alto-collinari e fasce larghe anche fino a qualche km nei tratti medio collinari e costieri (Coltorti et alii, 1995); essi sono posti a quote variabili fino a 200 metri sugli attuali fondovalle (Passeri, 1994) e generalmente in sinistra idrografica, mentre quelli recenti affiorano unicamente in destra idrografica (Cantalamesa et alii, 1986); tuttavia, il numero dei terrazzi può localmente aumentare per effetto diretto o indiretto dell'attività neotettonica (Dramis & Bisci, 1986; Coltorti & Nanni, 1987) o per il verificarsi di più fasi di terrazzamento (Coltorti et alii, 1995). I depositi di versante, derivanti principalmente da movimenti di massa e da coperture eluvio-colluviali, bordano i blandi rilievi che si spingono fino alla costa adriatica.

Dal punto di vista strutturale, l'Avanfossa Marchigiana è caratterizzata da ampie sinclinali, interessate da movimenti di subsidenza più marcati (Bartolini et alii, 1982), separate fra loro da anticlinali molto strette, orientate NW-SE ed interessate da faglie longitudinali (Carloni et alii, 1971). Il suo assetto morfostrutturale è controllato da un'intensa attività tettonica plio-quaternaria che, unitamente alle variazioni climatiche ed eustatiche, ne ha condizionato la sedimentazione, indirizzandola verso ambienti marini o continentali (Bigi et alii, 1997).

I depositi marini plio-pleistocenici sono disposti secondo una struttura monoclinale debolmente immergente verso E, in quanto basculati in seguito al sollevamento regionale estremamente differenziato tra catena appenninica ed area adriatica (Bigi et alii, 1995).

L'attività tettonica quaternaria è anche testimoniata dall'andamento del reticolo idrografico, dalla presenza di numerose paleofrane e di deformazioni gravitative profonde, dalla genesi di faccette triangolari e trapezoidali ed infine dalla concentrazione di fluidi gassosi e vulcanelli di fango lungo le dislocazioni tettoniche più recenti (Bigi et alii, 1997).

## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le forme del paesaggio sono riconducibili ai processi geomorfologici che si sono succeduti dal Pleistocene superiore ai giorni nostri; la geomorfologia dell'area rappresenta dunque l'espressione dell'interazione tra le caratteristiche intrinseche delle formazioni geologiche e gli agenti climatici o l'attività antropica.

Tale interazione conduce alla distinzione di quattro settori fondamentali:

- fascia montana
- fascia pedemontana
- pianure
- costa

### 6.1 FASCIA MONTANA

Le due catene principali della fascia montana marchigiana corrispondono ad altrettante strutture aventi assetto anticlinalico:

la Dorsale Umbro-Marchigiana ad ovest e la Dorsale Marchigiana ad est sono caratterizzate da quote comprese tra circa 750 e 2.476 m s.l.m. (la quota più elevata nella regione Marche risulta il Monte Vettore con 2.476 m s.l.m.).

La rete idrografica marchigiana è caratterizzata dalla presenza di tratti vallivi trasversali alle dorsali, spesso profondamente incise. L'approfondimento dei corsi d'acqua ha dato luogo ad un paesaggio abbastanza aspro, caratterizzato da rilievi con ripidi versanti e solcati da valli molto strette, generalmente prive di depositi alluvionali, che diventano vere e proprie forre in corrispondenza delle litologie più competenti.

Nel Pleistocene medio e superiore l'area è stata interessata da ripetute oscillazioni climatiche, responsabili di processi di modellamento differenziati; durante i periodi più freddi sui massimi rilievi erano presenti ghiacciai che hanno prodotto tipiche forme di erosione e di deposito quali circhi glaciali, valli a "U" e morene (Passeri, 1994). Infine risulta particolarmente evidente l'influenza della natura litologica del substrato sul modellamento dei rilievi calcarei, dove si sviluppano fenomeni carsici superficiali, e nei terreni argillosi diffusamente interessati da movimenti franosi e dalla formazione di calanchi.

### 6.2 FASCIA PEDEMONTANA

Ad oriente della Dorsale Marchigiana affiora una stretta fascia di rocce prevalentemente torbiditiche che funge da raccordo con la fascia pianeggiante e costiera, composta da terreni più recenti e generalmente più erodibili.

A nord la fascia pedemontana ha origine nei pressi di Urbino e prosegue senza soluzioni di continuità fino alla valle del Fiume Misa, per poi riprendere in corrispondenza della confluenza con la valle del Fiume Esinante (affluente di destra del Fiume Esino); di qui essa prosegue senza ulteriori interruzioni fino a fondersi a sud nella struttura litologicamente affine dei Monti della Laga.

Il paesaggio caratteristico di questa fascia di raccordo è prevalentemente collinare, degradante dolcemente verso mare, con valori medio - bassi dell'acclività e dell'energia di rilievo e spessori notevoli dei depositi superficiali; esso è modellato prevalentemente sui terreni pelitici ed arenacei plio-pleistocenici appartenenti alla monoclinale che forma il Bacino Marchigiano Esterno. Questa zona è fortemente dissecata da corsi d'acqua, prevalentemente disposti perpendicolarmente alla linea di costa.

Il più antico elemento morfologico dell'area collinare è rappresentato dalla "paleo-superficie sommitale": si tratta di lembi di un paesaggio a debole energia di rilievo, il cui modellamento è iniziato con ogni probabilità già durante le prime fasi di emersione, per effetto di prevalenti processi areali ed è proseguito



fino a quando, per effetto del sollevamento regionale generalizzato, la stessa non è stata profondamente incisa e frammentata dalle valli fluviali.

### 6.3 LE PIANURE

Le pianure alluvionali della Regione Marche sono in genere poco sviluppate, tranne che nei tratti più prossimi alla foce dei fiumi, dove tuttavia non si raggiungono sezioni trasversali di larghezza superiore a qualche chilometro (Dramis & Bisci, 1986).

Nell'area si riconoscono tre ordini principali di terrazzi alluvionali, posti a varie altezze sul fondovalle, con quote progressivamente decrescenti dall'entroterra alla costa e con energia di rilievo molto bassa, generalmente di poche decine di metri. I terrazzi alluvionali sono sovrastati in molti casi da un terrazzo orografico privo di depositi di copertura, incastrato nella superficie di chiusura del Pleistocene marino.

I terrazzi alluvionali sono ben conservati in sinistra idrografica, mentre in destra idrografica risultano essere incompleti o assenti (Coltorti et alii, 1991) (Figura 6-1). Lungo i corsi d'acqua principali è possibile rilevare un IV ordine di terrazzi.

I terrazzi del I ordine affiorano in lembi con sviluppo areale modesto, anche se talora presentano spessori elevati (fino ad alcune decine di metri) e risultano fortemente alterati in superficie con la presenza di paleo-suoli fersiallitici; più spesso appaiono troncati dall'erosione che li riduce a sottili livelli ciottolosi. Le quote di affioramento variano da alcune decine di metri fino ad oltre i 200 m sul fondovalle attuale, per effetto soprattutto di sollevamenti tettonici differenziali.

Le alluvioni del II e III ordine si presentano in lembi più estesi e continui, con spessori fino a 20-30 metri.

Le superfici sommitali dei depositi alluvionali del IV ordine rappresentano a luoghi il letto di esondazione attuale dei fiumi (Gentili & Pambianchi, 1987).

Nei tratti medio - terminali dei fiumi i depositi alluvionali del IV ordine e quelli del III ordine ospitano ricche falde acquifere di rilievo (Coltorti & Nanni, 1987).

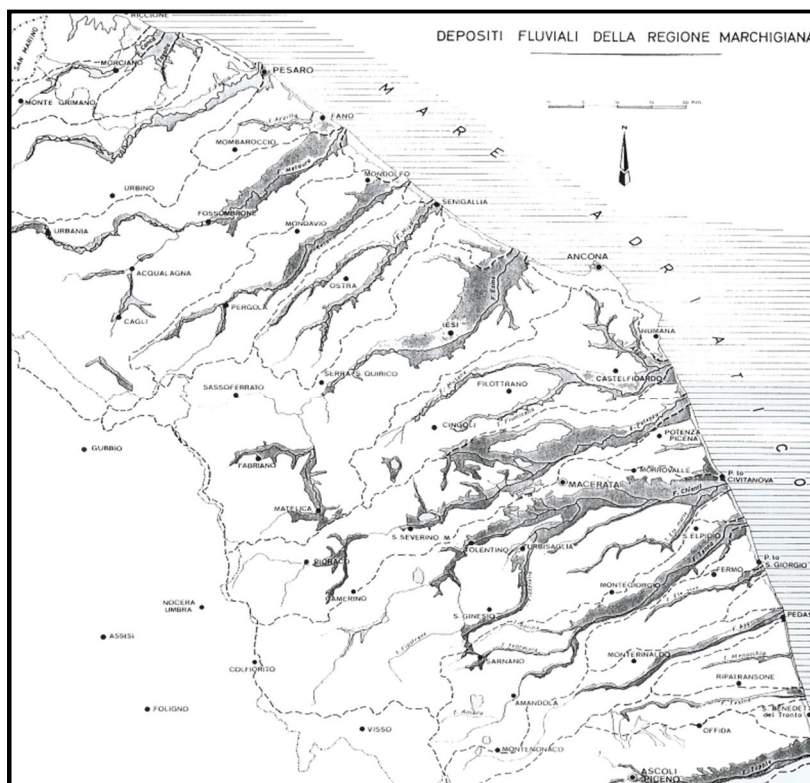


Figura 6-1. Estensione dei depositi fluviali dei corsi d'acqua delle Marche (tratto da Carloni et alii, 1975).

## 6.4 LA FASCIA COSTIERA

Il litorale marchigiano è costituito da un sedimento sabbioso e/o ciottoloso che generalmente si estende per poche decine di metri verso l'entroterra, proseguendo senza bruschi cambiamenti entro le acque del Mare Adriatico, dove generalmente si hanno fondali bassi (Curzi, 1986).

In tutta la parte meridionale della regione, dal Conero fino al Fiume Tronto e oltre, si ripetono i caratteri del litorale più settentrionale compreso tra la foce del Fiume Foglia ad Ancona. Si tratta di uno stretto litorale sviluppatosi lungo il margine esterno di una serie di rilievi interrotti da torrenti che scendono al mare.

Numerosi esempi di frane sono storicamente documentati lungo la costa adriatica; inoltre, altre vecchie aree di frana (paleofrane) sono rese riconoscibili da evidenza topografica e geomorfologica. Una lista di tali aree, o almeno delle più evidenti, è riportata in Figura 6-2 (Cancelli et alii, 1984).

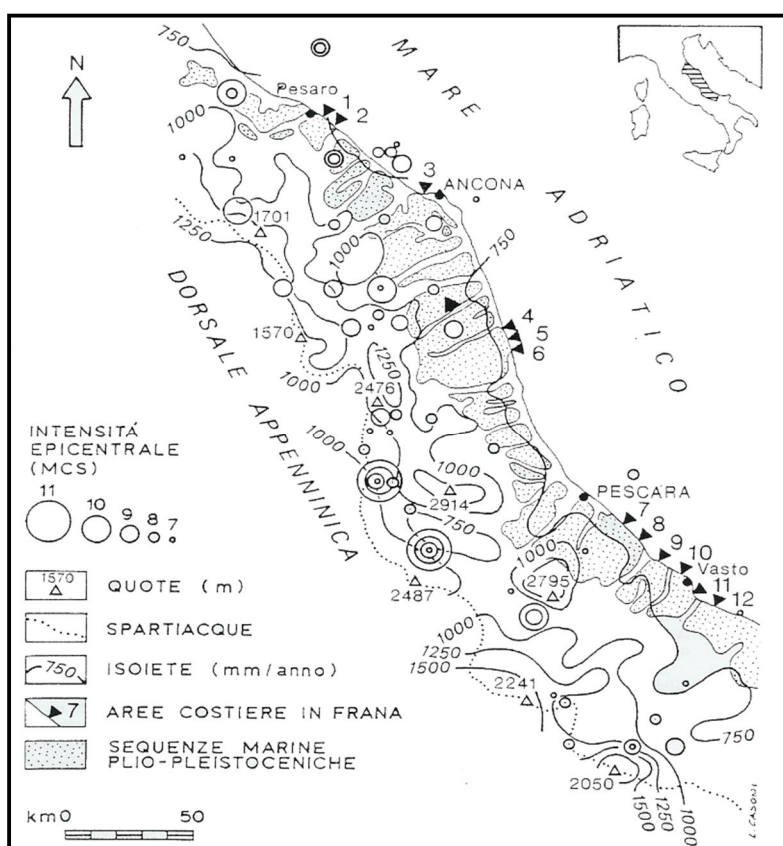


Figura 6-2. Regione marchigiano-abruzzese: distribuzione delle formazioni plio-pleistoceniche marine, frane studiate, isoiete e volumi focali (tratta da Cancelli et alii, 1984).

## 6.5 IDROGRAFIA E IDROLOGIA

I maggiori corsi d'acqua della Regione Marche (Foglia, Metauro, Cesano, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto) attraversano da ovest ad est la fascia appenninica e quella subappenninica, con valli strette e profonde nella prima fascia e più ampie nella seconda (AA.VV., 1990).

I corsi d'acqua presenti nell'area di studio sono caratterizzati da un continuo approfondimento del loro alveo; questa tendenza ha avuto inizio assai recentemente e sembra essere connessa anche a fattori antropici, quali l'edificazione di sbarramenti artificiali lungo i fiumi, l'uso del suolo e l'estrazione di inerti in alveo (Gentili & Pambianchi, 1988).

L'immediata conseguenza dell'assetto orografico delle Marche è rappresentata dalla diminuzione pressoché costante delle quote procedendo dal margine occidentale della regione verso il litorale. Nel suo complesso il reticolo idrografico risulta fortemente condizionato da due fattori principali: il gradiente regionale e la presenza di importanti dislocazioni tettoniche; in particolare il controllo tettonico ha influenzato i tracciati dei reticoli del drenaggio superficiale, determinando l'orientamento di molte valli fluviali.

La quasi totalità dei corsi d'acqua sfocia nel Mare Adriatico; fa eccezione il Fiume Nera che, pur nascendo in territorio marchigiano, dopo alcuni chilometri supera il confine umbro per confluire nel Fiume Tevere, di cui è noto il recapito tirrenico.

Tutti i corsi d'acqua presentano un generale sviluppo sub-parallelo (Figura 6-3). Tra le caratteristiche comuni possiamo sottolineare il loro regime torrentizio, il profilo trasversale asimmetrico delle valli, la ridotta lunghezza e le ridotte dimensioni dei relativi bacini imbriferi. Nessuno dei fiumi marchigiani risulta navigabile se non per l'estremo tratto della foce, spesso adattato a porto-canale.

Il carattere torrentizio dei corsi d'acqua marchigiani, può essere ben evidenziato osservando l'andamento nel tempo delle portate, caratterizzate da piene estremamente copiose rispetto alle medie ed alle magre. Tale regime è direttamente connesso con il regime climatico dell'area, caratterizzato da estati secche e da piogge concentrate soprattutto nel periodo autunnale e invernale. Inoltre il regime torrentizio è da mettere in relazione con la diffusa presenza di acquiferi calcarei, che restituiscono in tempi piuttosto brevi ai fiumi le acque piovane, non rendendo graduale il rilascio delle stesse e quindi non laminando le piene.

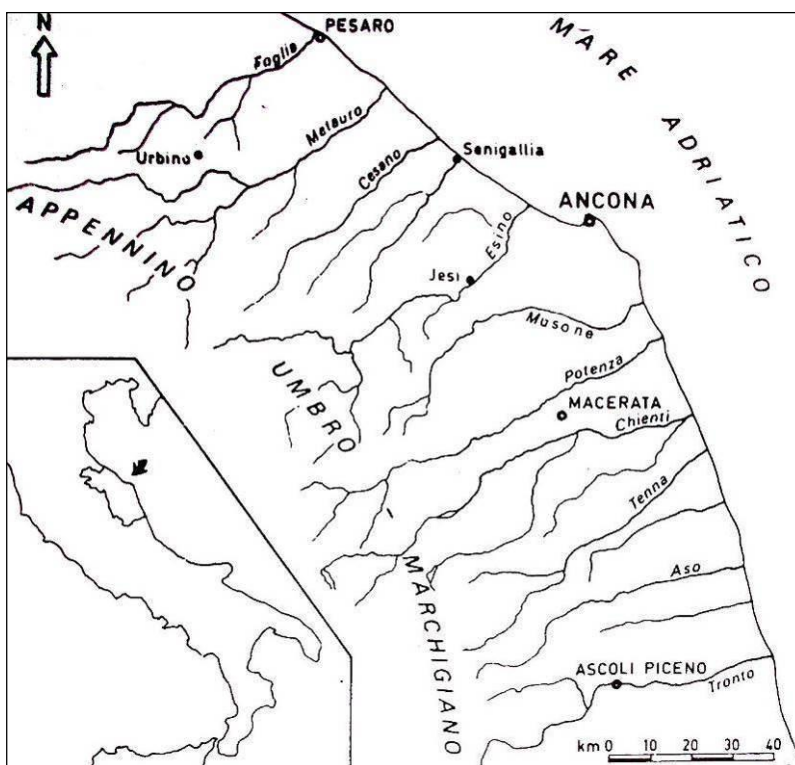


Figura 6-3. Schema della Regione Marche mostrante l'andamento dei principali fiumi (tratto da Nanni & Vivalda, 1986).

Il regime dei corsi d'acqua ha condizionato la morfologia degli alvei, che presentano letti ghiaiosi assai ampi entro cui, tranne che in brevi periodi di maggior portata, le acque divagano entro alvei di magra assai ridotti. Durante il periodo di magra, in alcuni casi, la circolazione idrica superficiale scompare quasi totalmente, in quanto le acque scorrono prevalentemente all'interno dei detriti di sub-alveo.

Di seguito vengono brevemente schematizzate le principali caratteristiche del Fiume Foglia che ricade a nord dell'area di studio:

Il Fiume Foglia, che scorre a sud del torrente Tavollo, ha le proprie sorgenti in territorio umbro, pochi chilometri ad est dell'Alpe della Luna e sfocia in mare nei pressi di Pesaro. La sua asta principale misura 74 km di lunghezza con una pendenza media pari a 1,19%. Il suo bacino, ampio nella parte iniziale fino ad Urbino e quindi stretto ed allungato di qui al mare, si estende per 701 km<sup>2</sup> ad una quota media di circa 360 m s.l.m. Tra i suoi affluenti principali possono essere ricordati il Torrente Matino (affluente di sinistra, proveniente dal M. Carpegna) che confluisce nei pressi di Lunano ed il Torrente Aspa (affluente di destra, proveniente dai rilievi collinari di Urbino) che confluisce presso M. San Michele.

Il Nuovo Svincolo di Pesaro sud è ubicato nella piana alluvionale del Rio Genica.

Il Rio Genica sorge in Comune di Pesaro, in prossimità di Trebbio di Candelara e sfocia nel Mare Adriatico in corrispondenza dello stesso capoluogo di provincia. La superficie del suo bacino idrografico è di circa 25 Km<sup>2</sup>, la sua asta principale, che ha una lunghezza di circa 6 Km, è orientata in direzione anti-appenninica (NE-SO). Il regime idraulico è di tipo torrentizio. I suoi affluenti principali, dalla destra orografica, sono il Fosso dei Condotti ed il Fosso di Trebbiantico.

In base alle informazioni pubblicate sul sito della Provincia di Pesaro e Urbino – Protezione Civile (<http://www.provincia.pu.it/protezionecivile/piano-provinciale-di-emergenza/analisi-dei-rischi/il-rischio-idrogeologico/scenari-di-evento-alluvioni/rio-genica/>), le esondazioni che si verificano alla confluenza tra il Rio Genica ed il Fosso Genica (a nord dell'area di studio verso la costa) in occasione di eventi meteorologici eccezionali sono imputabili alla ridotta sezione di deflusso dell'alveo, incapace di accogliere e far defluire le acque. Fra le concause ci sono i numerosi interventi antropici effettuati, anche illegalmente, lungo tutto il tratto urbano del Genica, che è stato canalizzato e cementificato; tali interventi riducono la sua sezione rallentando la velocità di deflusso delle acque che, peraltro, è già frenata dalla brusca deviazione, ad angolo retto, presente alla confluenza.

Ulteriori problemi di esondazione sono correlabili sia alla presenza dei manufatti (ponti, finsider, ecc.) che restringono la sezione di deflusso sia alla presenza di fenomeni di rigurgito prodotti dalle fognature che recapitano sul Genica.

## 7 CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI E CATALOGO FAGLIE CAPACI

### 7.1 INTRODUZIONE

I terremoti che colpiscono periodicamente l'area umbro-marchigiana sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo, le cui caratteristiche possono essere desunte dall'analisi dei meccanismi focali.

Meccanismi focali di tipo distensivo, con asse di massima distensione (asse-T) in direzione SE-NW, caratterizzano l'area del pre-Appennino umbro e dell'Appennino umbro-marchigiano, mentre meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente con asse di massima compressione (asse-P) in direzione SW-NE sono tipici dell'area pede-appenninica e peri-adriatica. Il limite in superficie tra il settore attualmente in distensione e quello in compressione è localizzato in corrispondenza di un allineamento di faglie dirette di età pliocenica superiore - pleistocenica che si sviluppa in direzione NW-SE da Gubbio a Norcia. Anche il limite orientale della zona in compressione corre lungo un importante elemento strutturale, essendo localizzato lungo la zona di emersione del fronte compressivo plio-pleistocenico romagnolo - adriatico - marchigiano.

Sulla base delle caratteristiche del campo degli sforzi oggi attivo e della geometria delle deformazioni geologiche è possibile definire tre zone sismotettoniche di primo ordine, omogenee da un punto di vista strutturale e sismologico (Figura 7-1).

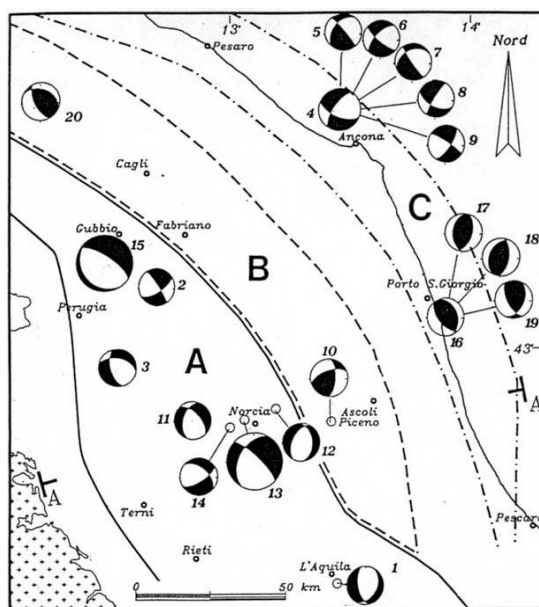


Figura 7-1. Zonazione sismotettonica (A: zona interna, B: zona intermedia, C: zona esterna) e meccanismi focali (tratto da Passeri, 1994).

La Zona Interna (A), corrisponde alla fascia pre-appenninica ed appenninica attualmente in distensione, presenta il livello più alto di sismicità e l'attività sismogenetica principale avviene sopra i 10 km.

La Zona Intermedia (B), corrisponde alla fascia del pede-Appennino marchigiano caratterizzato da deformazioni di tipo compressivo a profondità comprese fra 15 e 25 km e di tipo distensivo più in superficie (<10 km).

La Zona Esterna (C), corrisponde alla fascia peri-adriatica in cui l'attività sismica è esclusivamente associata a deformazioni di tipo compressivo e trascorrente ed è più superficiale (<10 km). Il limite tra la Zona Intermedia e quella Esterna è marcato da una sottile fascia quasi completamente asismica.

I terremoti quindi non avvengono con la stessa frequenza ed intensità su tutta l'area, ma sono concentrati in alcune fasce ben definite. Nell'area del pede-appennino marchigiano (Zona Intermedia),

si individua la presenza di una fascia con frequente e diffusa, seppur blanda, attività sismica, compresa tra Arcevia - Sassoferrato e Affida - Ascoli Piceno; in questa zona cadono gli eventi sismici di Montemonaco e del Montefeltro ed al suo limite sono localizzati gli eventi del 1741 di Fabriano e del 1943 di Castignano.

Nell'area peri-adriatica (Zona Esterna), si osserva una fascia sismica con attività generalmente moderata che si estende da Senigallia - Rimini ad Ancona - Porto San Giorgio.

Per quanto riguarda le cause della sismicità dell'area (C.N.R.-G.N.D.T. - Regione Marche, 1986), esse risultano strettamente connesse con l'attività tettonica distensiva, essendo entrambe conseguenze dirette dell'instabilità geodinamica che caratterizza la penisola italiana. Tra le conseguenze di questa attività sismo-tettonica ricordiamo la creazione, o più frequentemente la riattivazione, di deformazioni fragili (fratture e faglie di superficie) in occasione degli eventi di maggiore intensità. Tali movimenti sembrano essere dovuti sia a deformazioni gravitative esaltate dal fenomeno sismico, sia a scuotimento differenziale in condizioni di anisotropia del substrato, sia a differenze modulari tra gli sforzi comuni ai fattori precedenti.

I principali effetti morfogenetici dei terremoti sono correlabili all'effetto scatenante che gli scuotimenti hanno sui dissesti gravitativi; infatti il ruolo delle scosse sismiche come fattore di innesco di movimenti gravitativi è ben noto da tempo, si vedano le numerose testimonianze storiche e tradizionali di movimenti gravitativi, talora di enormi dimensioni, attivati in concomitanza con forti terremoti ed è alquanto probabile che molti dei fenomeni franosi di grandi dimensioni attualmente quiescenti, oltre che la maggior parte delle deformazioni gravitative profonde (specialmente quelle che interessano versanti ad energia del rilievo non troppo elevata) siano da riferire a questo fattore (Dramis, 1984).

Numerose osservazioni effettuate in occasione di eventi sismici hanno messo in evidenza come praticamente in tutti i casi vengano attivati, o quantomeno riattivati, movimenti gravitativi di dimensioni e tipologie diverse in funzione dell'intensità dell'evento e delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei versanti (litologia, assetto strutturale, materiali di copertura, forme). Questi fenomeni vengono indotti dal terremoto attraverso meccanismi diversi, quali le accelerazioni orientate che, sia pure per minime frazioni di tempo, possono far variare i pesi delle masse sui versanti, le deformazioni permanenti o temporanee delle geometrie superficiali, i fenomeni di liquefazione prodotti nei materiali fini saturi di acqua per effetto delle brusche variazioni delle pressioni interstiziali dovute alle onde sismiche (Figura 7-2).

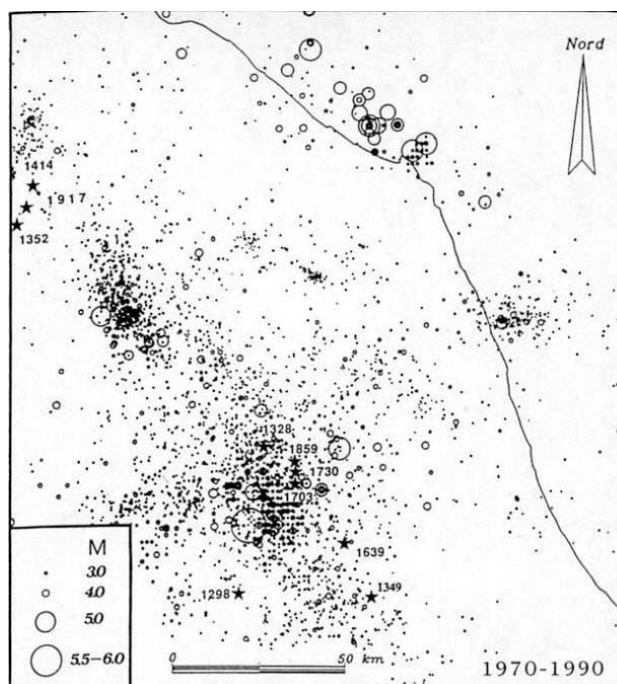


Figura 7-2. Epicentri dei terremoti con magnitudo  $M \geq 3$  dal 1970 al 1990 e dei terremoti catastrofici (asterischi) con  $I_0 = X$  o  $IX-X$ , dell'ultimo secolo (tratto da Passeri, 1994).

I paragrafi seguenti riportano una descrizione della sismicità storica ed attuale del territorio esaminato ed un inquadramento riferito agli assetti normativi in vigore. I dati di base utili per la definizione degli elementi di sismica generale dell'area in esame sono stati ricavati dai seguenti documenti o siti internet:

- A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- DBMI15 - Database Macrosismico Italiano 2015 (L'utilizzo, anche parziale, del database è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata come segue: Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>
- Database ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE) Sismicità recente (dal 2005 al 2016): dell'I.N.G.V. disponibile on-line all'indirizzo <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- INGV - Centro Nazionale Terremoti: <http://cnt.rm.ingv.it/>
- Faglie capaci: catalogo delle faglie capaci ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) dell'Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale (ISPRA)
- Strutture sismogenetiche: Database DISS3.2.1 (Database of Individual Seismogenetic Sources) disponibile on-line all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Classificazione Sismica Nazionale: disponibile on-line all'indirizzo <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>
- Classificazione sismica Regione Marche.

## 7.2 SISMICITA' STORICA

Il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani "CPT15" permette la consultazione on-line dei terremoti verificatisi nel territorio italiano nel periodo 1000 al 2014.

Oltre al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15), altri data-base sono consultabili on-line al portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. In particolare un ulteriore quadro di riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15, l'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11 (Locati et al., 2011). DBMI fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI tendono a essere pubblicati allo stesso tempo e usando una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web, uno dedicato a DBMI, e uno a CPTI. Con la versione 2015 si è deciso di rendere disponibile le due banche dati DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al., 2016) da un unico punto di accesso online al fine di rendere più comoda e funzionale la consultazione.

DBMI15 contiene 12.2701 dati di intensità relativi a 3.212 terremoti. I 12.2701 MDP sono riferiti a circa 20.000 località di cui 15.213 in territorio italiano, che vanno complessivamente a coprire 7702 comuni degli 8047 esistenti in Italia (ISTAT, 2015). Consultando il sito web è possibile ottenere la storia sismica

di ciascuna località italiana identificata, cioè l'elenco dei terremoti che hanno prodotto effetti macrosismici in quella data località.

Nella tabella seguente (Tabella 7-1) viene riportato, con riferimento al comune di Pesaro, l'elenco dei terremoti con intensità uguale o superiore a 3, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento.

Tabella 7-1. Istituto Nazionale di Sismica e Vulcanologia - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 - File downloaded from CPT115 - DBMI15 – Storia sismica di Pesaro (IT\_50783) - No. of reported earthquakes: 104

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
F	1328 12 01	Valnerina	13	10	6,49
F	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5,44
F	1599 11 06 01 25	Valnerina	20	9	6,07
7-8	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5,59
F	1694 04 08	Alta Valtiberina	6	7-8	5,4
5	1717 03 31	Costa pesarese	1	5	4,16
3	1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6	4,94
4-5	1727 12 14 19 45	Valle del Metauro	32	7	5,24
7	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6,17
4-5	1742 06 10 01	Appennino marchigiano	2	5-6	4,4
5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6,68
5	1744 05 25	Costa pesarese	5	5	4,59
3-4	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	63	9	6,05
F	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10	6,38
5	1752 07 13 21 40	Appennino umbro-marchigiano	11	5	4,61
5-6	1756 10 06 20	Costa pesarese	7	4-5	3,93
3-4	1767 06 05 01 30	Valle Umbra	10	7-8	5,45
3	1768 10 19 23	Appennino forlivese	45	9	5,99
4	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6,12
6	1781 06 03	Cagliese	157	10	6,51
6-7	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5,66
4-5	1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4,93
3	1828 10 08 22 30	Romagna	8	5-6	4,57
6-7	1838 06 23	Costa pesarese	4	6	4,63
4	1841 04 14 04	Cagliese	4	5-6	4,4
3	1842 01 23	San Severino Marche	10	4-5	4,41
F	1859 08 22	Valnerina	20	8-9	5,73
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
2-3	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6,29
2-3	1874 12 06 15 50	Val Comino	43	7-8	5,48
7	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
3	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4,84
3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4,71
F	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5,01
NF	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
F	1887 05 26	Jesi	19	5	4,44
3	1895 03 23	Comacchio	33	6	4,65
F	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5,11
5-6	1897 09 21	Marche settentrionali	44	7	5,4
2	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5,09
4-5	1901 09 25 23 40	Costa pesarese	9	5	4,23
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
4-5	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5,26
4	1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6	5,09



Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
4	1911 03 26 13 51	Riminese	9	5	5,04
2	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5,08
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
4-5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
6-7	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5,82
5	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4,82
7	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5,82
3	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5,5
3	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5,99
3	1917 11 05 22 47	Costa anconetana	26	6	5,22
4	1918 11 10 15 12 28.00	Appennino forlivese	187	9	5,96
4	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
F	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
2	1922 10 11 06 43 42.00	Costa anconetana	20	5	4,34
5	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5,48
2	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5,72
4	1928 05 30 20 01	Senigallia	17	5	5,02
7	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
4-5	1934 11 30 02 58 23.00	Adriatico settentrionale	51	5	5,3
4	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6,06
5	1937 11 26 21 58 30.00	Costa pesarese	7	5	4,16
3	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5,29
NF	1941 12 19	Monti Sibillini	30	7	5,02
3	1943 03 25	Marche meridionali	15	6	4,85
4	1943 07 31 04 37	Senigallia	5	5	4,16
4	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5,67
4	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5,25
3	1961 05 08 22 45 51.00	Forlivese	40	5	4,37
4	1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5	4,35
2	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	97	5	4,39
3	1970 09 07 14 02 21.00	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4,35
4	1971 02 12 04 54 56.00	Valle del Chiascio	47	7	4,89
4	1971 10 04 16 43 32.60	Valnerina	43	5-6	4,51
5	1972 01 25 20 24 35.20	Costa anconetana	24	6	4,49
6	1972 02 04 02 42 18.56	Costa anconetana	75		4,57
4	1972 06 14 18 55 52.54	Costa anconetana	17		4,68
2	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
2	1972 11 26 16 03	Marche meridionali	73	8	5,48
5-6	1972 11 30 11 25 27.45	Costa pesarese	30		4,52
2-3	1973 04 19 17 41 35.00	Pietralunga	22	7	4,61
4-5	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6,45
4	1978 12 05 15 39 04.00	Romagna	34	4-5	4,61
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
3	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
NF	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
4-5	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86
2-3	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
3	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5,06
3	1987 07 05 13 12 37.46	Montefeltro	90	6	4,44
3	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	135	7	5,38
4-5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
4-5	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78
3	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4,63
3-4	2003 01 26 19 57 03.21	Appennino forlivese	35	6	4,66

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4,18
3	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4,29
NF	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4,06
3-4	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21

Nel grafico seguente (Fig. 10) si riportano, con riferimento al comune di Pesaro, i terremoti con intensità uguale o superiore a 3.

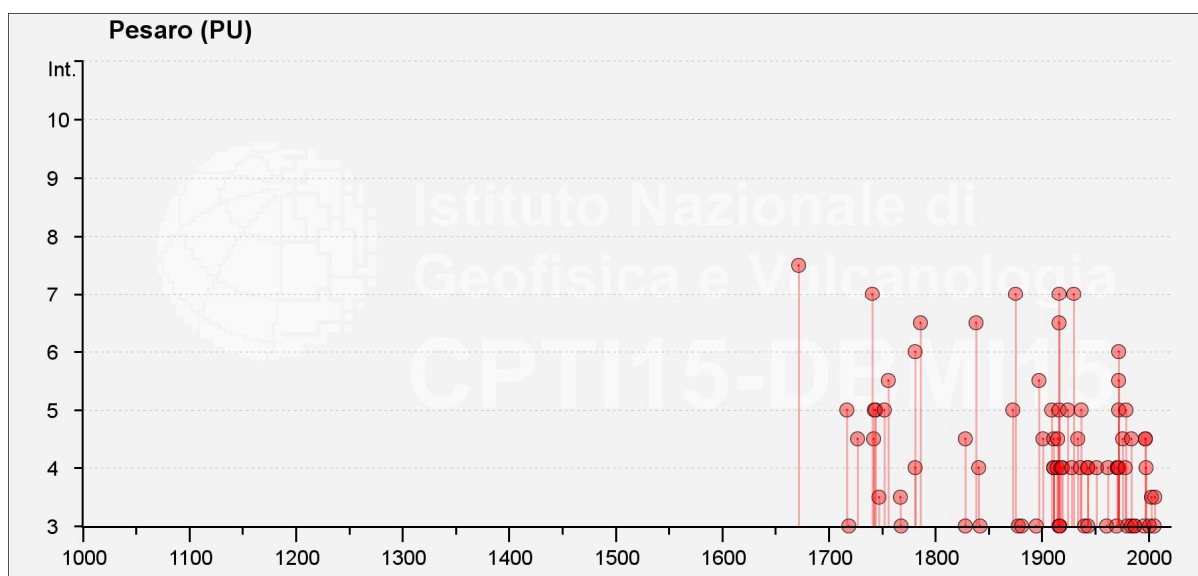


Figura 7-3- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 - SeismicHistory\_IT\_50783 - Intensità macrosismiche registrate dal data base DBM15 per il comune di Pesaro, i relativi valori sono riportati in Tabella 7-1. Accesso dell'ottobre 2018.

### 7.3 SISMICITA' STRUMENTALE - INGV

A partire da Marzo 2017 il data base ISIDE (catalogo che fornisce i parametri dei terremoti ottenuti integrando i dati provenienti da localizzazioni effettuate in tempo quasi-reale con i dati del Bollettino Sismico Italiano) è stato sostituito da un nuovo portale dati, al momento della consultazione, la fase di migrazione dei dati è ancora in corso da parte dell' INGV Centro Nazionale Terremoti e le funzioni di ISIDe non sono ancora tutte disponibili sul nuovo sito.

Il nuovo portale dati del Centro Nazionale Terremoti (CNT) mostra i dettagli di ogni evento sismico registrato e localizzato presso le sale operative dell'INGV.

Selezionando un terremoto nella lista della pagina principale, si accede alla sezione di dettaglio con i dati dell'evento, la Sismicità e la Pericolosità sismica dell'area interessata, le informazioni sull'impatto del terremoto sulla popolazione, le varie localizzazioni (calcoli dell'epicentro) realizzate per quello specifico terremoto, i meccanismi focali e una sezione per il download.

Il Data Base è accessibile al seguente link: <http://cnt.rm.ingv.it/>; questo sito pubblica i parametri di terremoti localizzati in tempo reale durante il servizio di sorveglianza sismica e i parametri ipocentrali rivisti giornalmente dagli analisti dell' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Centro Nazionale Terremoti) pubblicati nel Bollettino Sismico italiano. I segnali sismici e le fasi provengono dalla Rete Sismica Nazionale Italiana o da altre reti locali, regionali e nazionali che appartengono ad altre istituzioni italiane o estere.

La Figura 7-4 illustra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base per una distanza di 50 km di raggio dal comune di Pesaro (periodo gennaio 2005 – ottobre 2018).

In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati n. 2108 terremoti con profondità media di 16,25 km (profondità massima 59,7 km, profondità minima 0,1 km) e magnitudo medio pari a 1,29 (magnitudo massima 4,2, magnitudo minima 0,1). (dati di input: periodo gennaio 2005/ottobre 2018; magnitudo 0-10; 50 km di raggio su Pesaro; profondità 0-1000 km).

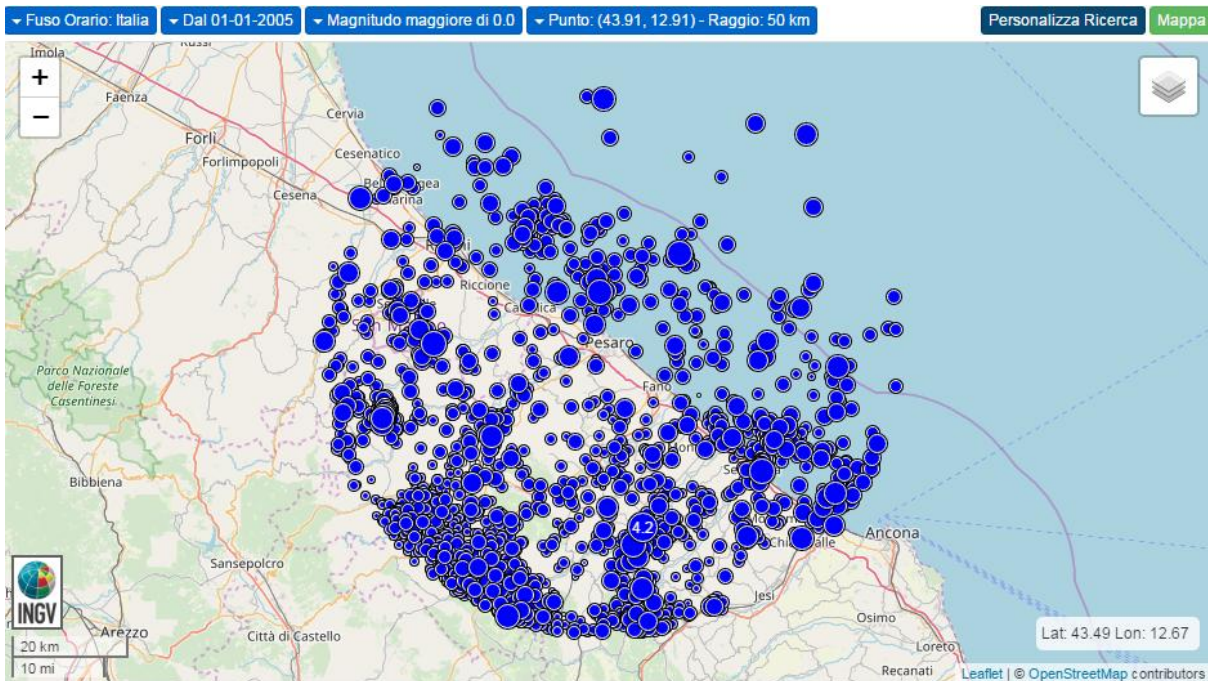


Figura 7-4- Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di 50 km dal comune di Pesaro (2005-2018). I dati e i risultati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sono distribuiti sotto licenza Creative Commons Attribution 4.0 International License. Basato su un lavoro presso Centro Nazionale Terremoti. (Accesso dell'ottobre 2018)

Nella figura seguente si riporta un dettaglio dell'area.

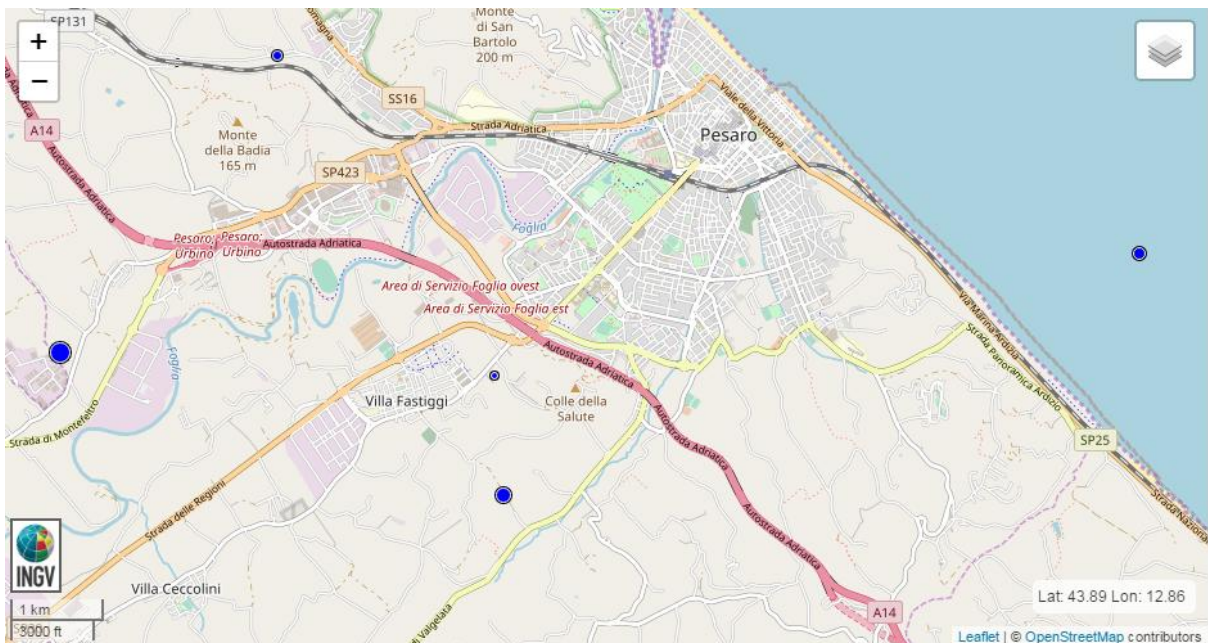


Figura 7-5- Dettaglio su Pesaro. (Accesso dell'ottobre 2018)

## 7.4 FAGLIE CAPACI

L'Italia è una delle zone più attive del Mediterraneo, in termini di tettonica attiva e sismicità. Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti di questi terremoti, dimostrando che le dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture prima considerate silenti.

La stima della pericolosità legata ai terremoti ed alla fagliazione superficiale è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza la conoscenza approfondita e la corretta collocazione delle faglie capaci assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable Faults).

ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il termine "faglie capaci" è utilizzato per descrivere le faglie "sismiche" con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente "capaci" di produrre deformazioni in superficie. La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere  $\geq$  VIII-IX grado della scala ES12007.

Il data base, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA disponibile on-line al sito dell'ISPRA (Figura 7-6).



Figura 7-6- ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI - ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia. (Accesso dell'ottobre 2018)

Di seguito si riporta una descrizione relativa alle "Faglie Capaci" segnalate in prossimità dall'area di studio:

GENERAL IDENTIFICATION			
FAULT NAME	Pesaro	Novilara	Senigallia
FAULT CODE	43302	43303	43300
REGION NAME	Marche	Marche	Marche
SYSTEM NAME	Pesaro-Senigallia	Pesaro-Senigallia	Pesaro-Senigallia
RANK	PRIMARY	ND	PRIMARY
GEOMETRY AND KINEMATICS			
Geological Setting	-	-	-
Tectonic Environment	-	PLATE BOUNDARY	-
SEGMENTATION	No	No	No
AVERAGE STRIKE	135	135	150
DIP	-	-	-
DIP DIRECTION	SW	SW	-
FAULT LENGTH (Km)	-	0,00000000	-
GEOMETRY	-	-	-
LOCATION RELIABILITY (mapping Scale)	1:100.000	1:100.000	1:500.000
FAULT DEPTH (Km)	-	-	-
KINEMATICS	REVERSE	REVERSE	REVERSE
ACTIVITY			
Geomorphic Expression	-	-	-
Surface Evidence	-	nd	nd
Monitoring/Paleoseismology	-	nd	-
LAST ACTIVITY	-	-	-
ACTIVITY RELIABILITY	-	-	-
SEISMIC PARAMETER			
RECURRENCE INTERVAL (yr)	-	-	-
SLIP-RATE (mm/yr)	-	-	-
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	-	-	-
MAX CREDIBLE SLIP (m)	-	-	-
KNOWN SEISMIC EVENTS (year)	-	-	-
Time Since Last Event (years)	-	-	76
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	-	-	5,9
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	-	-	-
STUDY QUALITY	LOW	LOW	LOW

Il database è in continuo aggiornamento, maggiori informazioni si possono ricavare consultando le pagine web del progetto, inoltre il catalogo non rappresenta la totalità delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale ma solo per le quali esiste uno studi e quindi un riferimento bibliografico.

## 7.5 STRUTTURE SISMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche delle Alpi Meridionali derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici.

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Secondo la zonazione sismogenetica attualmente in vigore (chiamata ZS9), l'area oggetto di studio ricade all'interno della zona sismogenetica 917. La zona 917 (assieme alla 912) rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. Strutture compressive (prevalentemente thrusts) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità. Nella zona 912, la sismicità sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto

più avanzato (a ridosso del Po). La zona 917 include le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appenninica esterna, cui è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana.

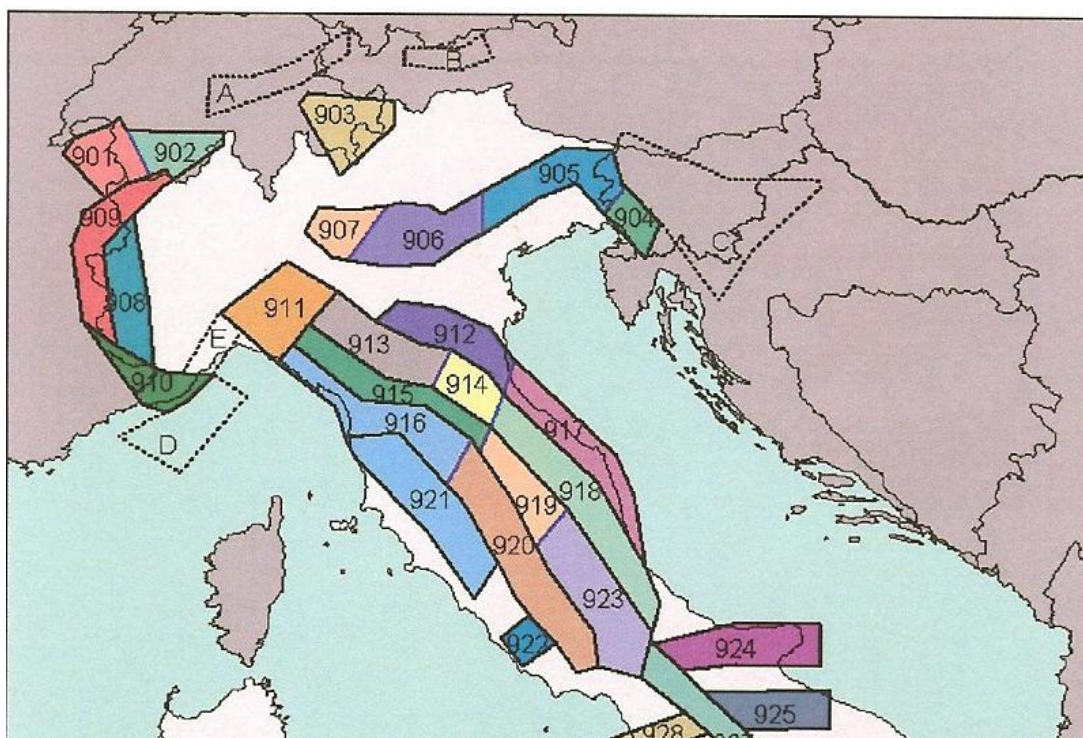


Figura 7-7- Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia centro-settentrionale (a cura di C. Meletti e G. Valensise marzo 2004). I limiti di colore nero separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità.

La Figura 7-8 evidenzia le aree sismogenetiche prossime alla zona di studio (poligoni color rosato), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni); le campiture in rosso indicano i sistemi di faglia.

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2.1", si osserva che le opere in progetto ricadono in una zona governata principalmente dall'area sismogenetica ITCS032 Pesaro-Senigallia correlata alle sorgenti sismogenetiche ITIS032 Pesaro San Bartolo e ITIS031 Fano Ardizio.

La codifica utilizzata nel database per identificare le strutture include 4 caratteri e 3 numeri, i primi due caratteri si riferiscono al Paese considerato (IT per Italia); gli altri due caratteri identificano il tipo di dati (IS - Individual Sismogenic Sources, CS-Composite Sismogenic Sources, DS-Debated Sismogenic Sources).

Di seguito si riporta una sintesi relativa alle strutture sismogenetiche di interesse:

- Pesaro-Senigallia (ITCS032): risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 3.0 e 7.5 km e magnitudo momento  $M_w$  pari a 6.10 (ultimo aggiornamento 21/06/2015- Basili R., Burrato P. e Maesano F.E.).
- Pesaro San Bartolo (ITIS032): risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 2.5 e 5.9 km e magnitudo momento  $M_w$  pari a 5.8; sorgente correlata ITCS032 (ultimo aggiornamento 31/10/2001- Basili, R., G. Valensise e P. Vannoli).
- Fano Ardizio (ITIS031): risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 3.0 e 7.0 km e magnitudo momento  $M_w$  pari a 6.10; sorgente correlata ITCS032 (ultimo aggiornamento 18/06/2015- Basili, R., G. Valensise e P. Vannoli).

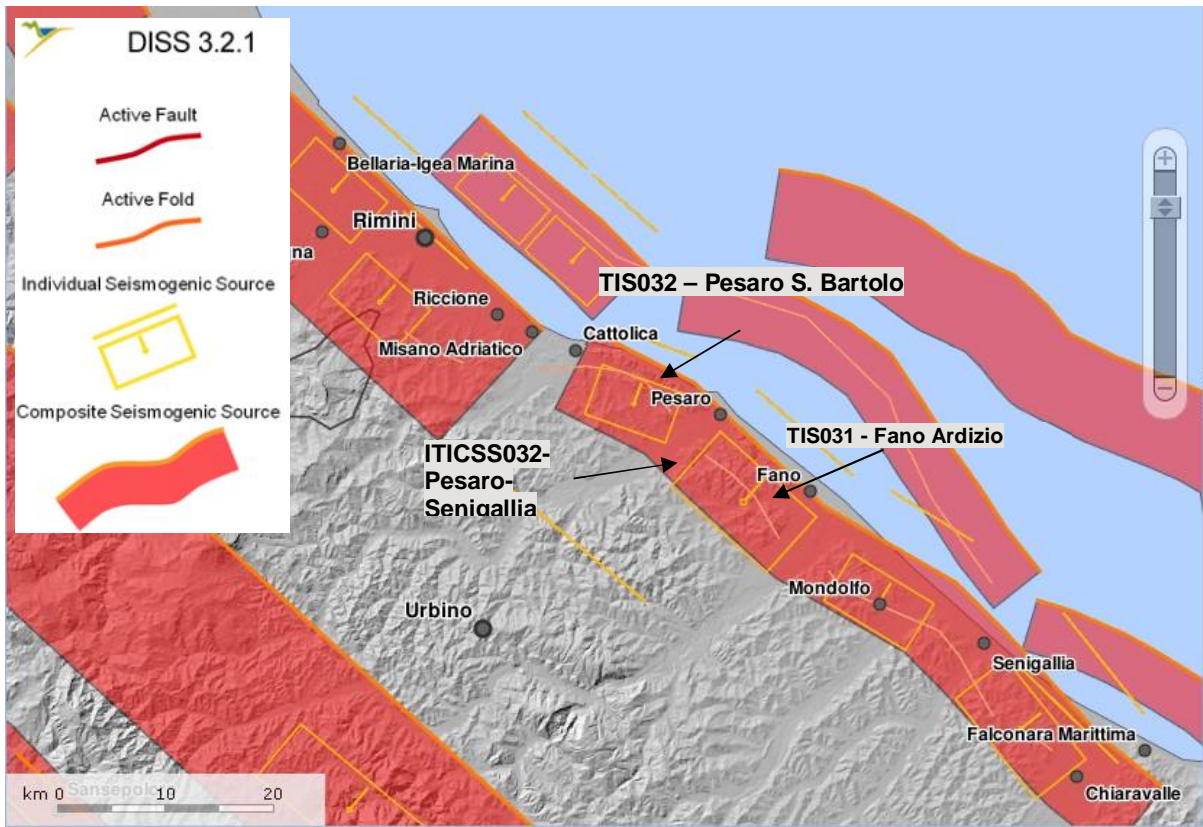


Figura 7-8- Mappa delle aree sismogenetiche di interesse (Fonte: Database of Individual Seismogenics Source versione 3.2.1. (Accesso dell'ottobre 2018)).

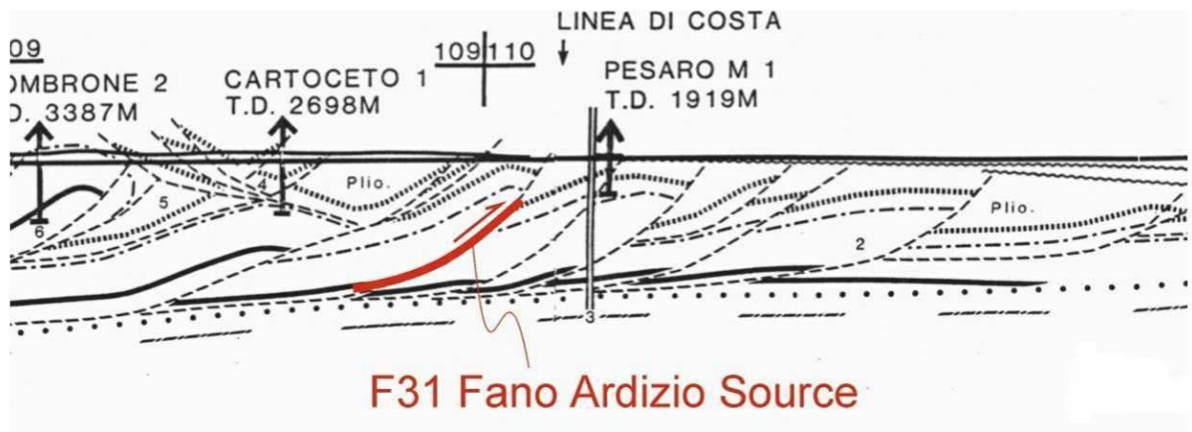


Figura 7-9- Sorgente Fano Ardizio proiettata su sezione Anna - Mte . Amiata di Bally et al. [ 1986 ] . Si noti l'anticlinale costiera la cui crescita può essere guidata da slittamento lungo la faglia di Fano Ardizio ( da Bally et al. [ 1986 ] ).

## 7.6 EVOLUZIONE RECENTE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA

La normativa sismica italiana, entrata in vigore l'8 maggio del 2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 recepita dalla Regione Marche con DGR n. 1046 del 29 luglio 2003 e succ., suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche". Dove:

Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

In conformità a tale normativa, il comune di Pesaro (cod. ISTAT 41044, Provincia di Pesaro Urbino) ricade in zona sismica 2 (nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti).

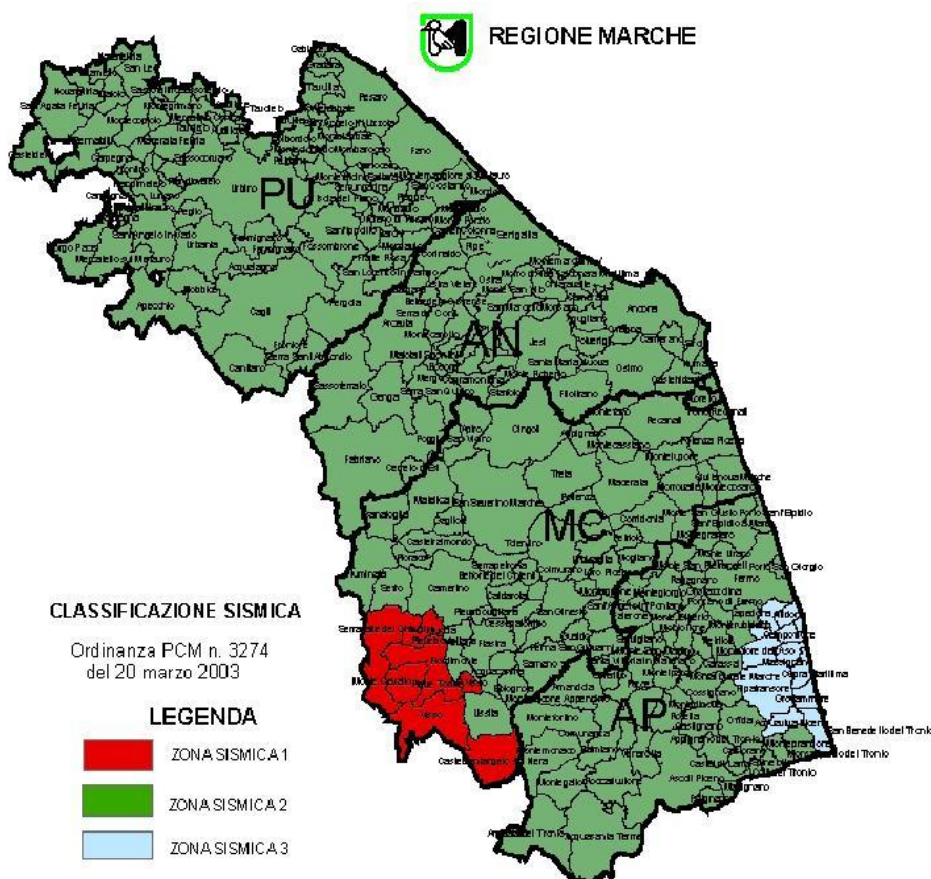


Figura 7-10- Mappa di pericolosità sismica del territorio delle Marche, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003. Sito web Regione Marche, accesso dell'ottobre 2018.



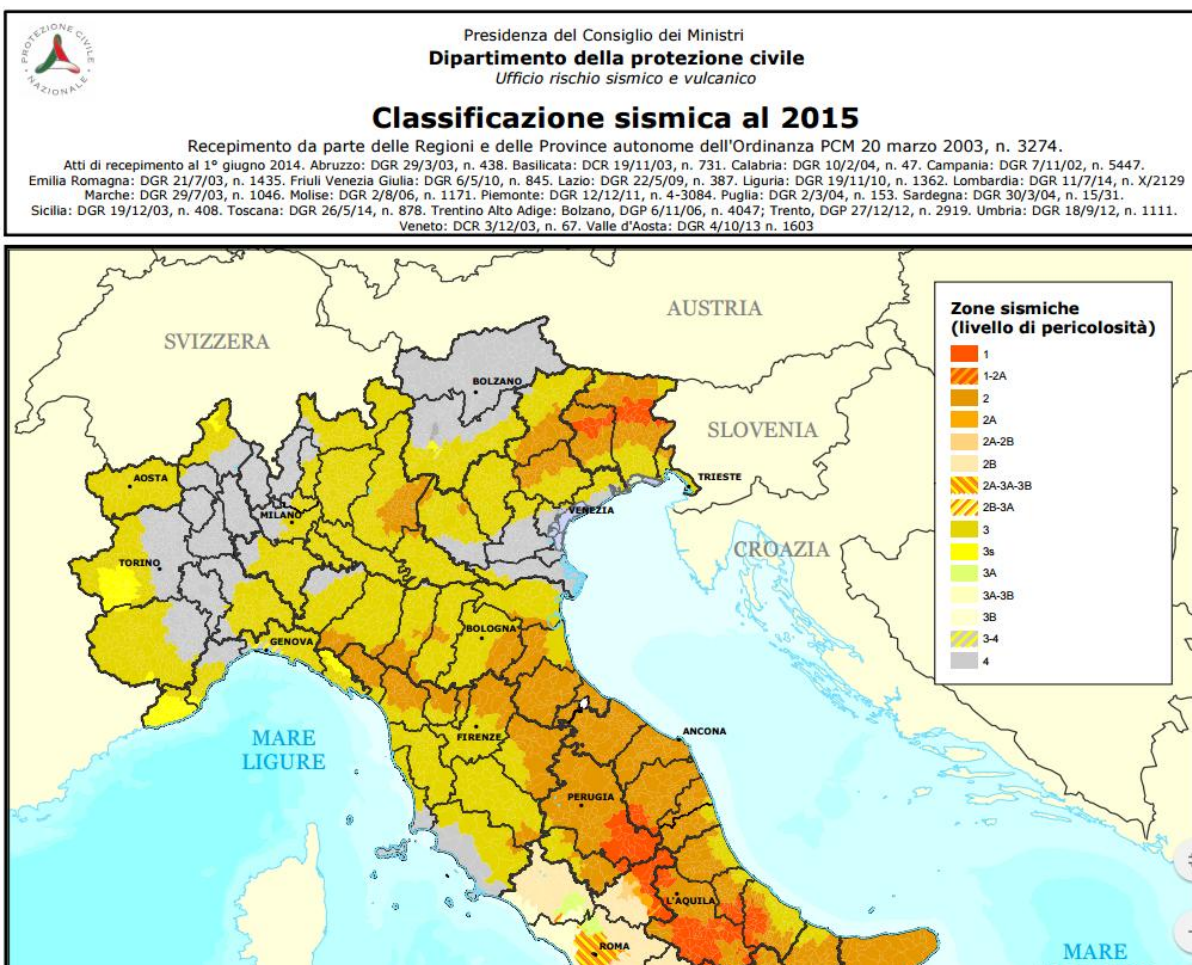


Figura 7-11- Stralcio mappa di Classificazione Sismica al 2015 (Dipartimento di Protezione Civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico), accesso dell'ottobre 2018.

I criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale, emanati con l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 2003 si basano sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia.

L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni.

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato introdotto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche e che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza.

Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni. Questi ultimi sono ricavabili dalla carta di pericolosità

sismica introdotta dall'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 nella quale i valori di accelerazione  $a_g$  sono indicati su una maglia di 0,02 gradi.

Nella figura seguente (Figura 7-12) è riportato uno stralcio della "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione sismica del territorio da parte dei soggetti che ne hanno la competenza territoriale ovvero le Regioni.

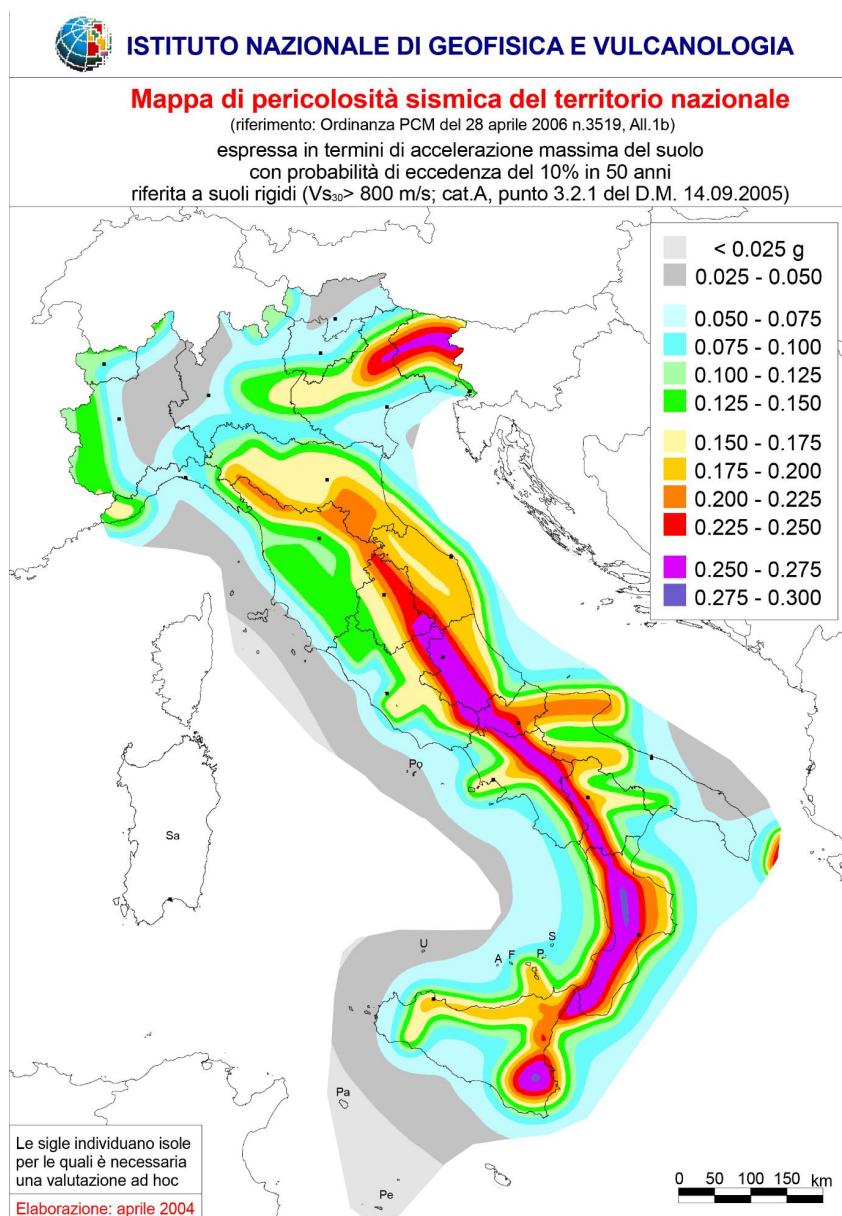


Figura 7-12- Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519/06, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag >0.25
2	0.15 <ag≤ 0.25
3	0.05 <ag≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

I nuovi criteri per l'individuazione della zona sismica si basano su un elaborato grafico che rappresenta il territorio italiano in 12 fasce di valori di PGA di riferimento (valore massimo, o picco) di accelerazione del suolo attesa); innovando le disposizioni dell'O.P.C.M. 3274/03, oltre ai valori standard delle accelerazioni riferite a suoli rigidi viene fornita anche una stima dell'incertezza, tramite predefiniti percentili della distribuzione associata.

Quindi la OPCM 3519/2006 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio. In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) utilizzabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici.

Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozone è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le zone sismiche tradizionali dell'Ordinanza 3274 sopravvivono solo per scopi amministrativi e per la zona 4.

Per calare la normativa in ambito locale, va ricordato che la classificazione nazionale e la mappa di pericolosità di cui all'Ordinanza 3519/2006 esprimono la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso, soprattutto in termini di amplificazione.

Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche le quali possono modificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni ((D.M. 14/01/2008 e succ. DM 17/01/2018), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona (e quindi territorio comunale) precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 e succ. DM 17/01/2018, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Le stime di pericolosità sismica proposte dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) sono state successivamente elaborate dal Consiglio Superiore per ottenere i parametri che determinano la

forma dello spettro di risposta elastica; tali parametri sono proposti nell'allegato A del Decreto Ministeriale.

Il Programma sperimentale "Spettri di risposta" - Fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale (vers. 1.0.3).

## 8 LIQUEFAZIONE

Con il termine "liquefazione" si indicano vari fenomeni fisici osservati nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi durante i terremoti forti ( $M > 5.5$ ), che hanno come elemento comune il fatto che, per effetto dell'instaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento ed un accumulo delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno. Gli studi più recenti hanno evidenziato quanto segue.

Le manifestazioni della liquefazione sono:

- crateri, vulcanelli, fuoriuscite di acqua e sabbia,
- grandi oscillazioni e rotture del terreno,
- abbassamenti e sollevamenti del terreno,
- movimenti orizzontali del terreno (lateral spreading),
- movimento di masse fluide / collasso in pendii naturali e artificiali,
- perdita di capacità portante delle fondazioni,
- galleggiamento di opere sotterranee,
- collasso di opere di sostegno e banchine portuali

Per quanto riguarda l'occorrenza della liquefazione, l'esperienza ha dimostrato che la liquefazione avviene quando sono verificate simultaneamente alcune condizioni che riguardano la "predisposizione" del terreno al verificarsi del fenomeno (esistenza di "fattori predisponenti") ed alcune condizioni che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica ("fattore scatenante"). Le condizioni predisponenti del terreno sono:

- profondità dello strato potenzialmente liquefabile  $< 15-20$  m dal p.c.
- profondità della falda  $< 5$  m
- densità relativa  $D_r < 60\%$
- diametro medio  $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$
- frazione fine (diametro  $< 0.005 \text{ mm}$ )  $< 15\%$

Le condizioni scatenanti che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica sono:

- magnitudo  $> 5.5$
- $PGA > 0.15 \text{ g}$
- durata  $> 15-20 \text{ sec}$

Tra i fattori geologici e geotecnici risultano fondamentali, oltre alla profondità della falda ( $< 5$  m), la presenza e lo spessore degli strati non liquefabili superficiali, l'assenza di cementazione fra i grani, l'origine e l'età del deposito, la presenza di strati drenanti grossolani intercalati alla sabbia fine liquefabile, la morfologia.

Per quanto riguarda la natura geologica dei siti le zone a più alto rischio sono: letti di fiume antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, argini, pianure di esondazione, spiagge, zone dunari e interdunari;

In ragione di quanto sopra esposto e delle caratteristiche geologiche riscontrate nel sito d'interesse, il progettista deve valutare con attenzione la possibilità che si possano innescare fenomeni di liquefazione.

## 9 VERIFICA DI P.G.R.A. - P.A.I - I.F.F.I - P.R.G - P.P.A.R.

### 9.1 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA) (DIRETTIVA 2007/60/CE ART. 7, D.LGS. 49/2010 ART. 7). AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE DELLA MARCHE – UOM ITR111

La Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni (Direttiva Alluvioni o Floods Directive – FD) è stata recepita con D.Lgs. 49/2010. Le sue finalità sono quelle di istituire un quadro di riferimento per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni.

Scopo principale è la riduzione delle potenziali conseguenze negative su:

- salute umana
- attività economiche
- ambiente
- patrimonio culturale

Il punto di arrivo della FD è il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), che contiene tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio di alluvioni ed ovvero la prevenzione, la protezione e la preparazione. Comprende al suo interno anche la fase di previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, oltre alla gestione in fase di evento.

Ai fini dell'attuazione della FD, il territorio di competenza dell'Autorità dei Bacini Regionali delle Marche, individuata dal codice UoM ITR111 ricade, per la parte nord, nel Distretto Appennino Settentrionale (4.900 kmq) con funzioni di coordinamento svolte dall'Autorità di Bacino nazionale dell'Arno e, per la parte sud, nel Distretto Appennino Centrale (3.450 kmq) con funzioni di coordinamento svolte dall'Autorità di Bacino nazionale del Tevere.

I Piani di Gestione sono stati redatti dai Distretti con la collaborazione delle Autorità di bacino denominate Unit of Management (UoM) e la Regione Marche.



Figura 9-1. Distretti in cui è stato ripartito il territorio di competenza della Autorità di Bacino Regionali delle Marche (Regione Marche).

Il punto di arrivo della FD è il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), che contiene tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio di alluvioni ed ovvero la prevenzione, la protezione e la preparazione. Comprende al suo interno anche la fase di previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, oltre alla gestione in fase di evento.

Ai fini dell'attuazione della FD, il territorio di competenza dell'Autorità dei Bacini Regionali delle Marche, individuata dal codice UoM ITR111 ricade, per la parte nord, nel Distretto Appennino Settentrionale (4.900 kmq) con funzioni di coordinamento svolte dall'Autorità di Bacino nazionale dell'Arno e, per la parte sud, nel Distretto Appennino Centrale (3.450 kmq) con funzioni di coordinamento svolte dall'Autorità di Bacino nazionale del Tevere.

Il 9 novembre 2015 il Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino delle Marche ha approvato il proprio contributo ai PGRA distrettuali, successivamente approvato con DGR Marche n. 1031 del 23/11/2015.

Il contributo è stato recepito nell'ambito dei due Piani predisposti dai Distretti (Tevere ed Arno) rispettivamente nelle sedute dei Comitati Tecnici integrati del 10 e 11 dicembre 2015.

Nei Comitati Istituzionali integrati del 3 marzo 2016 sono stati approvati i Piani di Gestione dei Distretti.

### 9.1.1 Mappe di pericolosità e rischio valutazione globale provvisoria anno 2013. Autorità di Bacino regionale delle marche UoM ITR111

L'Autorità di Bacino Regionale delle Marche (AdB) ha collaborato con la Regione Marche per l'attuazione della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE recepita con D.Lgs.vo 49/2010.

L'AdB, in qualità di Unit of Management, ha svolto anche le elaborazioni sul territorio di diretta competenza per la compilazione dello schema previsto per il Reporting della Direttiva 2007/60/CE art. 6.

#### Mappe di Pericolosità Inondazioni da fiumi/torrenti

Le mappe sono state prodotte unendo i perimetri delle aree individuate nei Piani stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico delle Autorità di Bacino, distinte:

- Interregionale dei Fiumi Marecchia-Conca, approvato con Delibera Amministrativa del Consiglio Regionale delle Marche –per il territorio di competenza regionale- n. 139 del 14 luglio 2004; sito web: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/chi-siamo/autorita-di-bacino/autorita-bacino-marecchia-conca>.
- Interregionale del Fiume Tronto, approvato con Delibera Amministrativa del Consiglio Regionale delle Marche –per il territorio di competenza regionale- n. 81 del 29 gennaio 2008 (BURM del 14 febbraio 2008); sito web: <http://www.autoritabacino.tronto.it/>.
- Regionale delle Marche, approvato con Delibera Amministrativa del Consiglio Regionale n. 116 del 21 gennaio 2004 (Suppl. n. 5 al BURM n. 15 del 13 febbraio 2004) e successive modifiche delle singole aree con decreti ex art. 19 delle N.A.; link alla pagina web del PAI: <http://www.autoritabacino.marche.it/pai/paiintro.asp>; link alla pagina web di aggiornamento del PAI: [http://www.autoritabacino.marche.it/pai/pai\\_agg.asp](http://www.autoritabacino.marche.it/pai/pai_agg.asp).

Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati delle considerazioni svolte per le singole Autorità di Bacino:

Autorità di Bacino	P3	P2	P1
Interregionale Marecchia-Conca	aree con Tr = 30-50 anni + aree di alveo	aree con Tr = 200 anni	Al momento non disponibili
Interregionale Tronto	Aree E3 ed E4 del PAI Tronto	Aree E2 del PAI Tronto	Aree E1 del PAI Tronto
Regionale Marche	Il PAI dell'AdB Marche contiene la mappatura delle aree con Tr = 200 anni, non distinguendo quelle con Tr 30-50 anni. A tutte le aree si è associato il livello P2.		Al momento non disponibili

L'area di studio, ricade nell'Autorità di Bacino di competenza regionale Marche.

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia pubblicata nel sito dell'Autorità di Bacino Marche, dove sono riportate le fasce a media probabilità da alluvione (I layer prodotti/elaborati a livello di UoM sono resi disponibili su apposito portale webgis e fanno riferimento all'unico scenario disponibile di probabilità media di alluvione ( $Tr = 200$  anni per alluvione da fiume e  $Tr = 100$  anni per alluvione costiera) e riguardano in particolare: le aree allagate, gli elementi esposti (abitanti, attività economiche, impianti, aree protette, patrimonio culturale), corpi idrici designati ai sensi della Direttiva 2000/60/CE.

Nella Figura 9-2 si osserva che gli ambiti di progetto interferenti con le fasce riguardano il tratto iniziale e finale della Viabilità A oltre alla "zona ribassata per recupero aree esondate" posta più ad ovest dello svincolo e sono lambite dall'asse della RAMPA B nel tratto compreso tra la progressiva 0+400 e 0+500 circa.

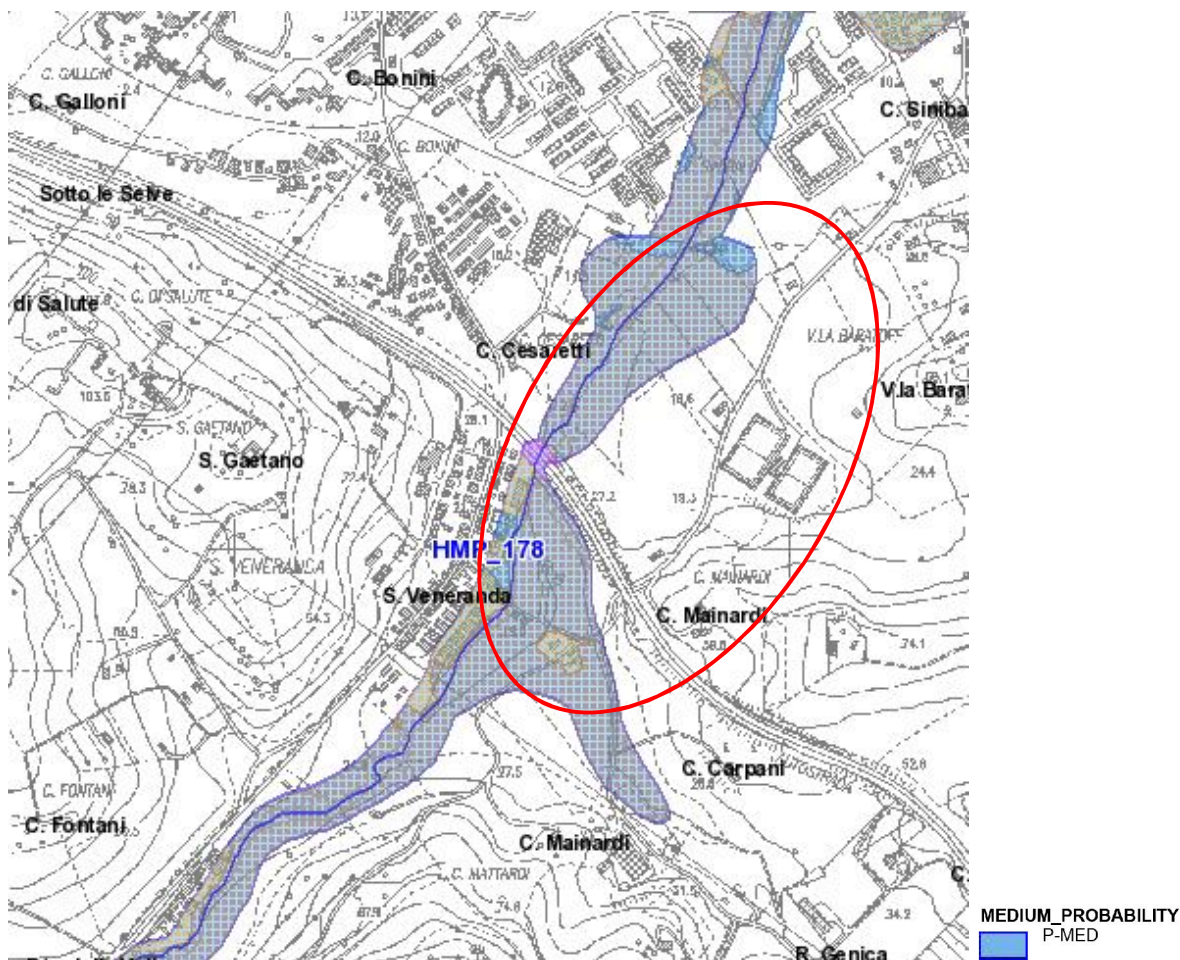


Figura 9-2. Regione Marche – Autorità di Bacino Regionale (Direttiva alluvioni) (Accesso dell'ottobre 2018). In rosso sono evidenziate le aree di studio.

## 9.2 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

La zona studiata ricade all'interno delle aree di pertinenza del Piano di Bacino Regionale del Torrente Rio Genica.

Si riporta di seguito uno stralcio della Carta allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Idrografici di Rilievo Regionale Marchigiani (approvato in via definitiva con Decreto del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 e pubblicato sul supplemento n. 5 al BUR. N. 15 del 13/02/2004) (Figura 9-3 e Figura 9-4; elaborato GEO0012).



Successivamente all'approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo regionale sono stati approvati degli atti che modificano parte degli elaborati allegati al PAI di cui alla Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004. L'elenco degli atti di modifica è disponibile nella sezione aggiornamento. Con DCI n. 68 del 08/08/2016 è stato approvato, in prima adozione, l'Aggiornamento 2016 al PAI. Con DGR n. 982 del 08/08/2016 sono state approvate le misure di misure di salvaguardia, in attesa della definitiva approvazione dell'Aggiornamento. I due atti sono pubblicati nel Bollettino Ufficiale della Regione Marche dell'8 settembre 2016.

Gli elaborati tecnici dell'aggiornamento sono stati approvati con Decreto n. 49 del 27/07/2016 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino regionale, successivamente rettificato con Decreti n. 55 del 26/09/2016 e n. 61 del 24/10/2016.

Nell'ambito del PAI sono identificati e descritti i criteri di pericolosità idraulica e di instabilità geomorfologica, finalizzati alla redazione di strumenti di pianificazione per la salvaguardia del territorio. Le indicazioni del PAI sono state recepite nel corso del presente studio, al fine di permettere la corretta valutazione delle eventuali interferenze e condizioni di pericolosità potenziale con le opere oggetto di intervento, sia per pericolosità da frana che per il rischio idraulico.

In particolare, per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici gli elaborati del P.A.I. non segnalano aree interferenti con le opere in progetto. Per quanto riguarda il rischio idraulico gli elaborati PAI segnalano aree a rischio esondazione elevato (R3) interferenti con l'asse della "VIABILITA' A" nel tratto compreso tra la progressiva 0+025 e la progressiva 2+080 circa e aree a rischio esondazione moderato (R1) interferenti con l'asse della "VIABILITA' A" dalla progressiva 800+060 circa a fine tratto e con la "zona ribassata per recupero aree esondate" posta più ad ovest dello svincolo (volume circa 15.250 mc). L'asse della RAMPA B lambisce la stessa area a rischio esondazione elevato (R3) nel tratto compreso tra la progressiva 0+400 e 0+500 circa.

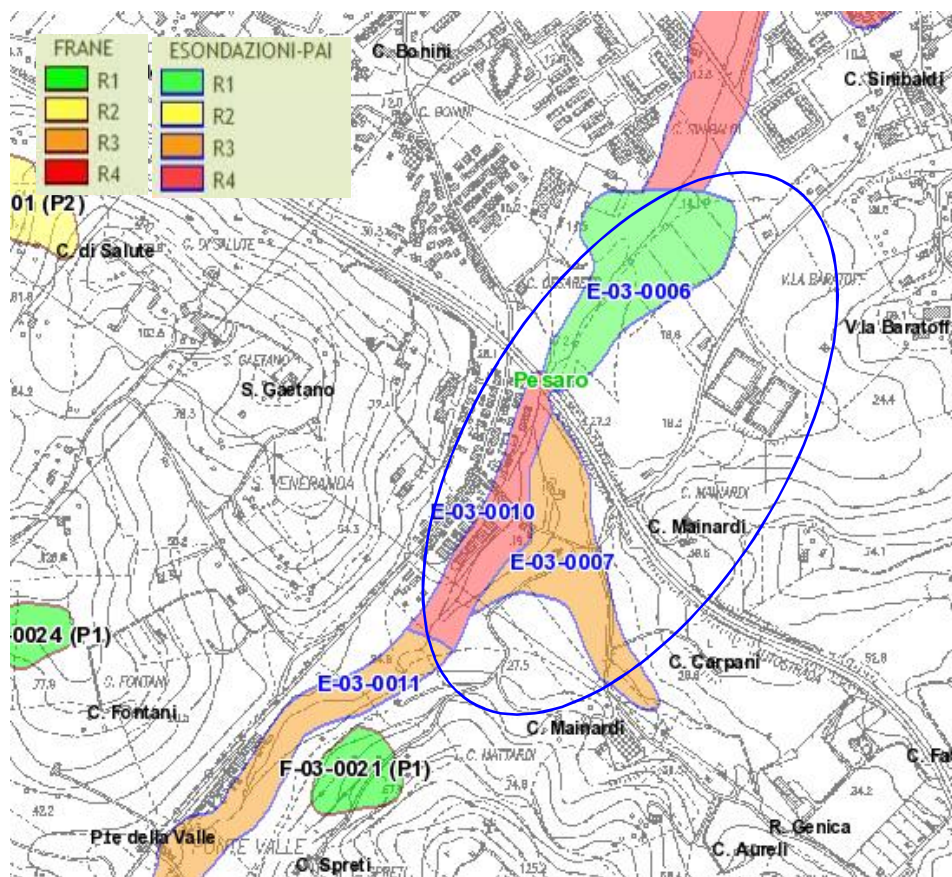


Figura 9-3. Regione Marche – Autorità di Bacino Regionale (cartografia PAI aggiornata al decreto del Segr. Gen. AdB distrettuale app. Centrale n. 96 del 26/09/2018 Processo in corso di approvazione di variante aggiornamento PAI 2016 (Accesso dell'ottobre 2018). Il cerchio blu individua l'area di studio.

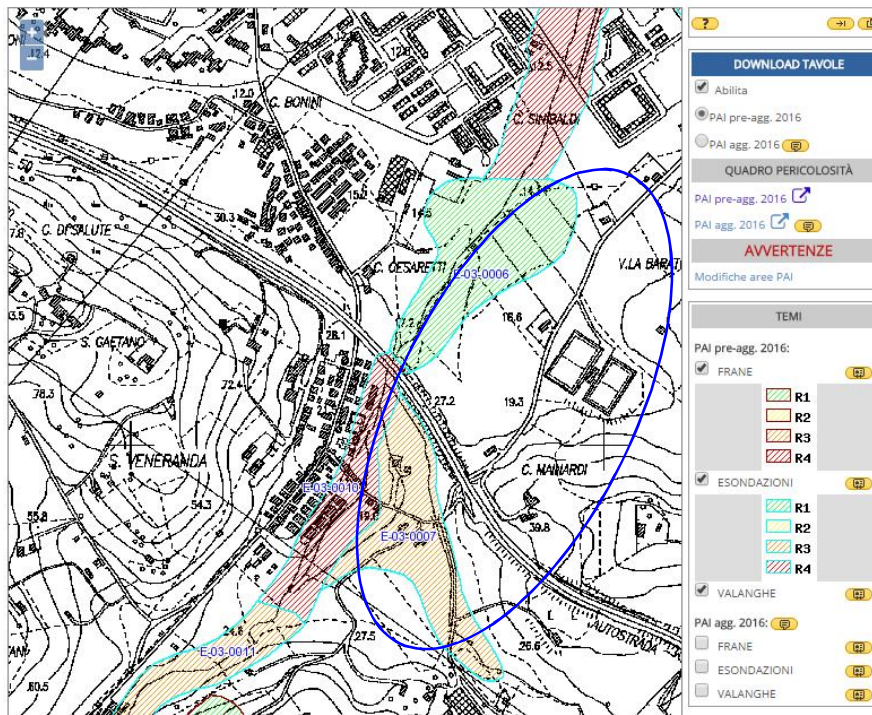


Figura 9-4. Regione Marche – Autorità di Bacino Regionale - Piano Assetto Idrogeologico PAI Vigente Pre Aggiornamento 2016. Visualizzatore WEB-GIS (Accesso ottobre 2018). Il cerchio blu individua le aree di studio.

Di seguito si riporta un estratto del PAI aggiornamento 2016 che, per le aree in oggetto, riconferma i contenuti del PAI vigente sopra esposti (Figura 9-5 ed elaborato GEO0012).

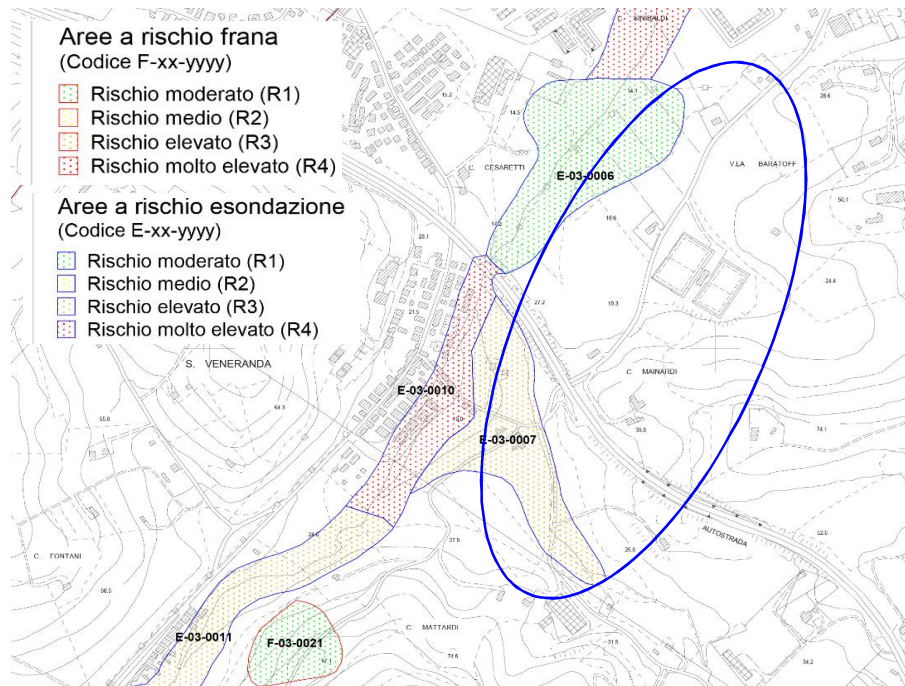


Figura 9-5. Regione Marche – Autorità di Bacino Regionale - PAI Aggiornamento 2016 – Allegato SABFEV20160718 al Decreto del Segretario Generale dell’Autorità di Bacino Regionale – Carta del Rischio Idrogeologico TAV RI 6d. (Accesso ottobre 2018). Il cerchio blu individua le aree di studio.

### 9.3 INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA (I.F.F.I.)

Il Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), promosso dal Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo (ex legge 183/89), nasce dalla esigenza di fornire un quadro completo ed aggiornato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale, attraverso la raccolta e l'omogeneizzazione dei dati e di offrire uno strumento conoscitivo di base per la valutazione del rischio da frana, per la programmazione degli interventi di difesa del suolo e per la pianificazione territoriale a scala nazionale e locale.

Il progetto, realizzato per conto del Servizio Geologico - ISPRA con l'ausilio delle Regioni e Province autonome, costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale. L'inventario dei fenomeni franosi rappresenta, un utile strumento conoscitivo per la valutazione della pericolosità da frana e, più in generale, come supporto alle decisioni da operare in ambito territoriale.

Nel settore interessato dall'intervento, l'unico elemento di rilievo segnalato dalla Cartografia IFFI è rappresentato da un corpo di frana con tipologia "non determinata" posto sui versanti ad est dello svincolo (ID 0411001100) vedi Figura 9-6.

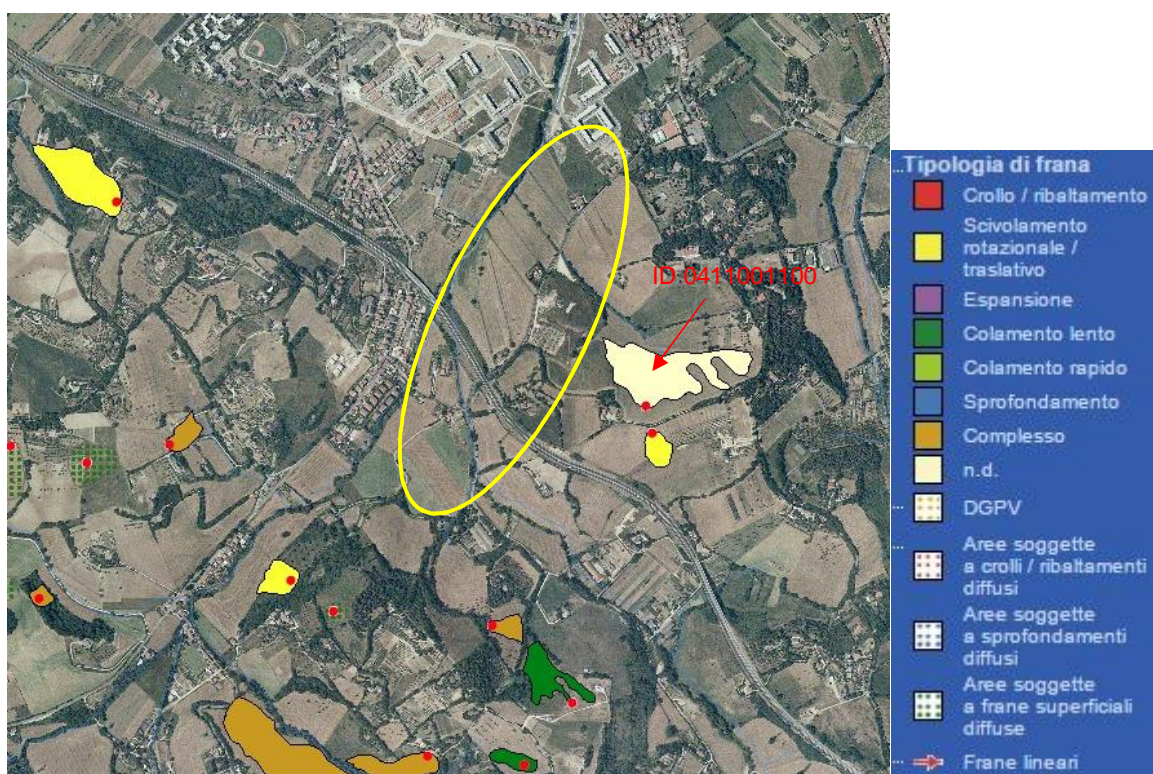


Figura 9-6. ISPRA - Sinanet Progetto IFFI (Accesso 'ottobre 2018). Il cerchio giallo individua le aree di studio.

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia IFFI estratto dal Portale della Regione Marche (Figura 9-7) che conferma quanto sopra esposto.

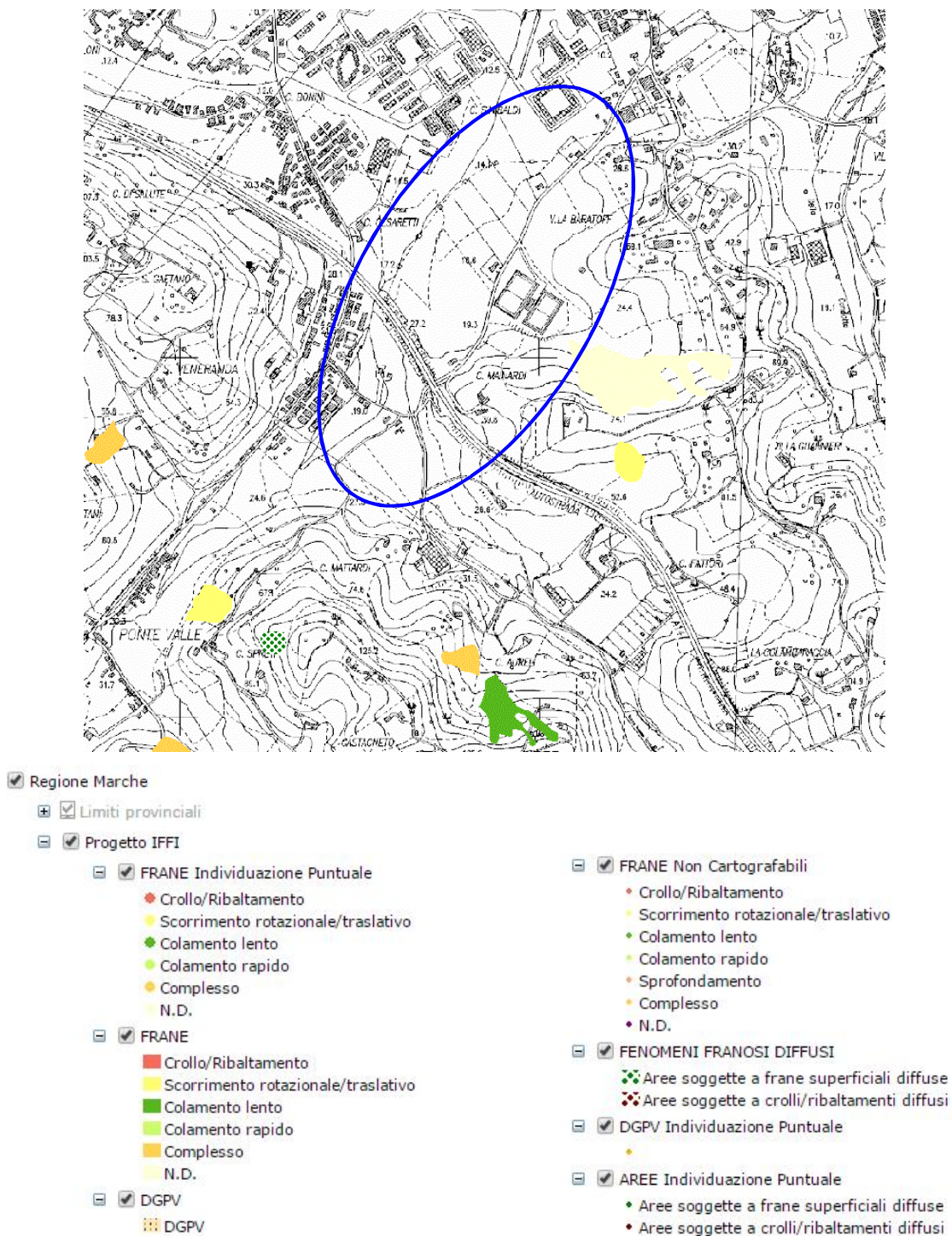


Figura 9-7. Progetto IFFI - Regione Marche (<http://ctr.regione.marche.it/progettoIFFI/> (accesso ottobre 2018).

## 9.4 PIANO REGOLATORE GENERALE (P.R.G.)

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia dei Vincoli Geologici – rev. 2015 e della cartografia del Sistema Geomorfológico – rev. 2015 annessi al P.R.G. vigente on-line del comune di Pesaro.

In particolare, nella cartografia dei Vincoli Geologici sono riportate le aree a pericolosità geomorfologica e a rischio idraulico già descritte dal PAI nei precedenti paragrafi (Figura 9-8); mentre nella cartografia del Sistema Geomorfológico si segnalano aree di tutela dei corsi d'acqua in parte interferenti con le opere in progetto (Figura 9-9).

“Aree a Rischio Sismico”:

Per gli Ambiti definitivi di Tutela del sottosistema Geologico, Geomorfológico e Idrogeologico del P.P.A.R., valgono le seguenti prescrizioni: - per le aree con emergenze geomorfologiche si applicano le prescrizioni di base permanenti di cui all'art.28 del P.P.A.R. - per i crinali è individuato un ambito di tutela dove è vietata ogni nuova edificazione e dove si applicano le prescrizioni di base permanenti dell'articolo 30 del P.P.A.R.; - per i versanti si applicano le prescrizioni dell'articolo 31 del P.P.A.R.; - per i corsi d'acqua sono individuati: un ambito di tutela integrale dove si applicano le prescrizioni di base permanenti dell'articolo 29 del P.P.A.R., un ambito esterno di tutela orientata dove si applicano le prescrizioni riportate ai punti a, b, c, d dell'articolo 27 del P.P.A.R.; - per il litorale di Pesaro, si applicano le prescrizioni di base permanenti dell'articolo 32 del P.P.A.R.

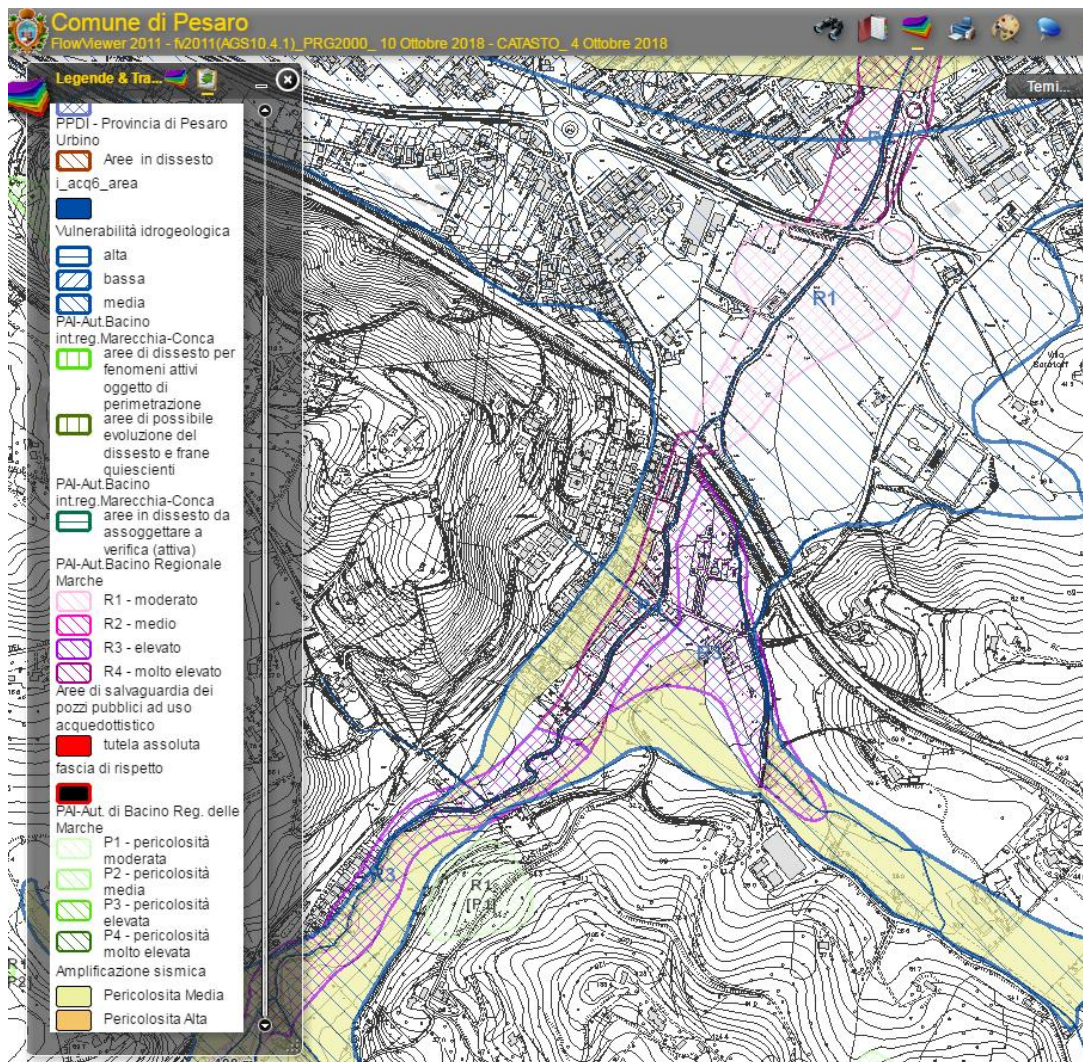


Figura 9-8. Comune di Pesaro PRG2000\_10 ottobre 2018-CATASTO\_4 ottobre 2018. Sito WEB - Vincoli Geologici (Accesso ottobre 2018).

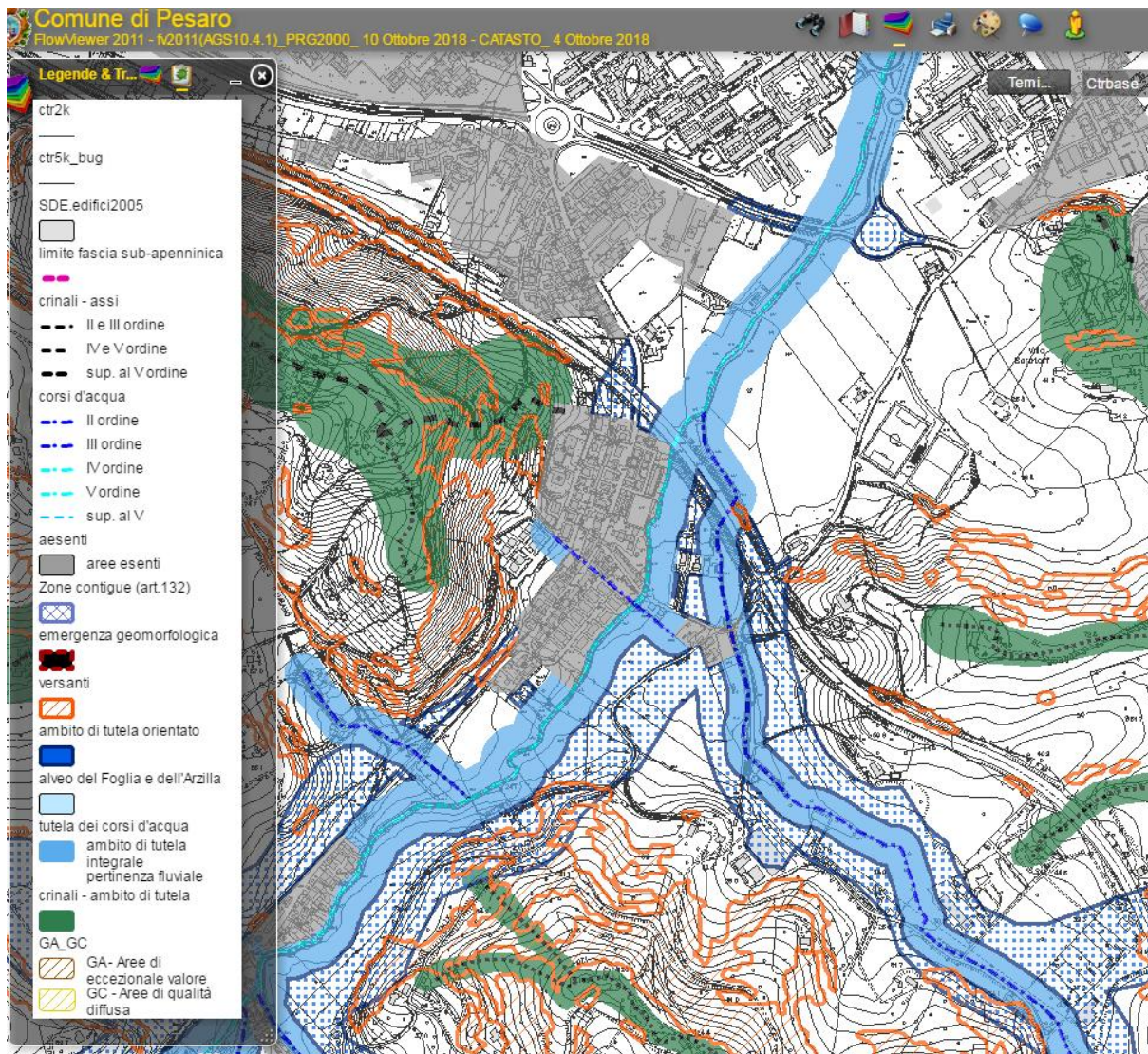


Figura 9-9. Comune di Pesaro PRG2000\_10 ottobre 2018-CATASTO\_4ottobre 2018. Sito WEB - PPAR Sistema Geomorfologico (Accesso ottobre 2018).

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia relativa alla "Pericolosità Geologica" e alla "Pericolosità Idrogeologica".

Con riferimento alla "Pericolosità Geologica" si segnala l'area caratterizzata da "terreni scadenti" cartografata a valle del tracciato autostradale in prossimità degli assi della "VIABILITA' A" e della "RAMAPA B" rispettivamente alle progressive 0+200 circa 0+400-0+500 circa (Figura 9-10).

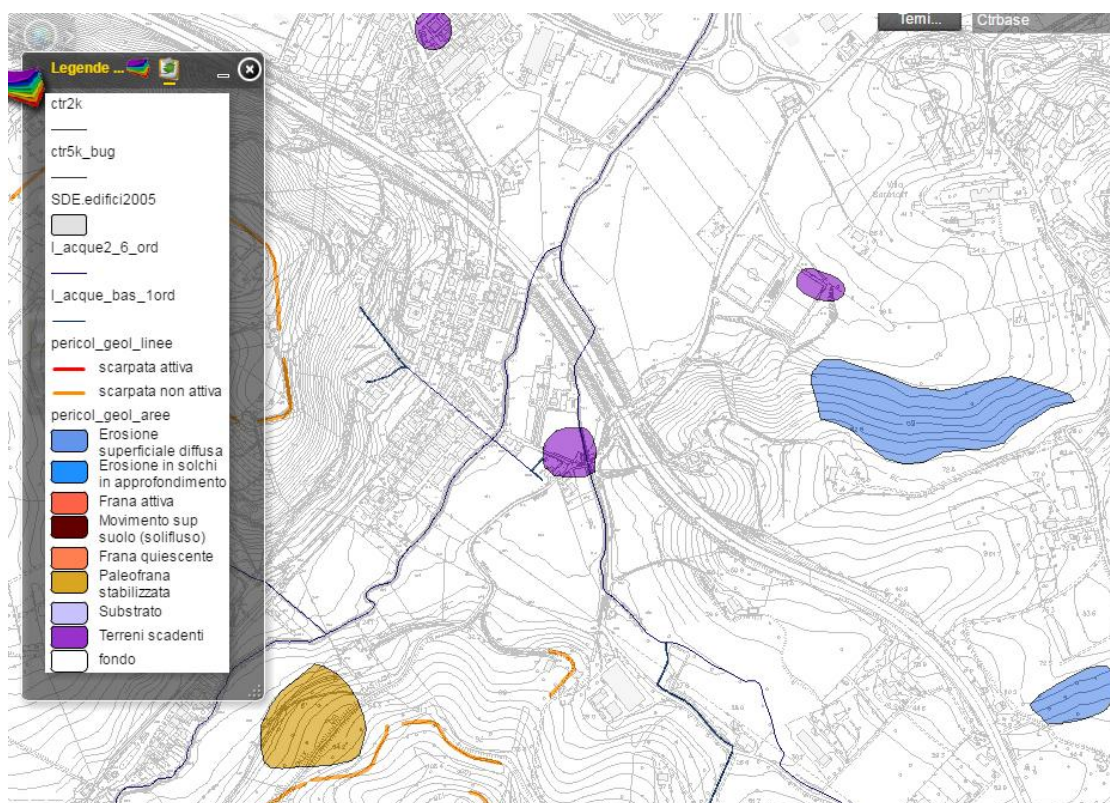


Figura 9-10. Comune di Pesaro PRG2000 – Indagini. Pericolosità Geologica (Accesso ottobre 2018).

Con riferimento alla “Pericolosità Idrogeologica” si segnala l’area caratterizzata da “vulnerabilità idrogeologica media” in cui ricadono le opere in progetto (Figura 9-11).

*“PRG 2000 – Norme Tecniche di Attuazione – Agosto 2016: Nella classe di vulnerabilità media, perimetrata nella tavola d.3.9. La Pericolosità idrogeologica, l’ammissibilità degli interventi per i quali è richiesta una destinazione d’uso per attività che abbiano un ciclo di lavorazione compreso nell’elenco delle industrie insalubri di prima classe riportate nel D.M. 5 settembre 1994, deve essere subordinata ad uno studio di dettaglio esteso ad un significativo intorno dell’area interessata, seguendo una precisa metodologia costituita da indagini in sito e prove di laboratorio, che escluda che tale area possa ricadere nella classe di vulnerabilità alta. In ogni caso occorrerà progettare e realizzare opere che non consentano accidentali infiltrazioni nel sottosuolo di inquinanti”.*

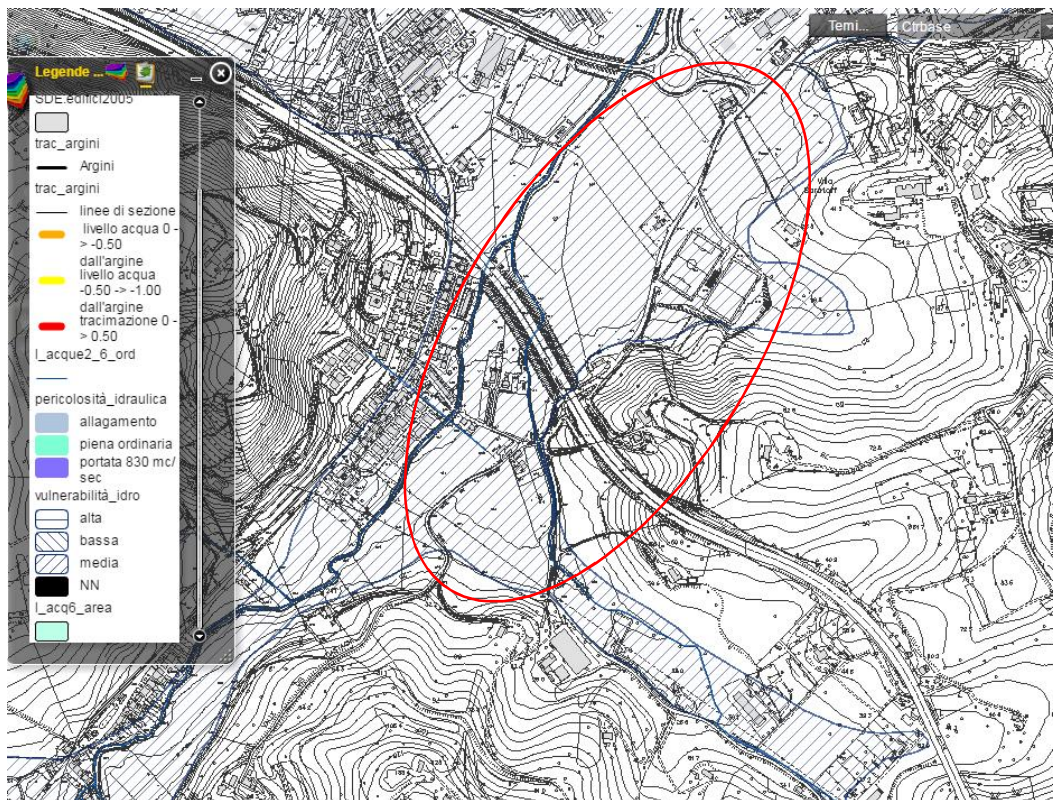


Figura 9-11. Comune di Pesaro PRG2000 – Indagini. Pericolosità Idrogeologica (Accesso ottobre 2018). Il cerchio rosso individua le aree di studio.

## 9.5 PIANO PAESISTICO AMBIENTALE REGIONALE (P.P.A.R.)

In base ai contenuti del PPAR (piano paesistico ambientale regionale approvato dal consiglio regionale il 03/11/1989) non sono segnalate aree di “emergenza geologica e geomorfologica” interferenti con le opere in progetto.

In particolare, per quanto riguarda le emergenze geologiche, sulla base cartografica in scala 1:100.000, a copertura dell'intero territorio regionale, sono rappresentate con retinatura a colori le emergenze geologiche individuate dal piano paesistico. In base a quanto rappresentato nella Tavola 03\_Nord, non sono segnalate aree di “emergenza geologica” interferenti con le opere in progetto (Figura 9-12).



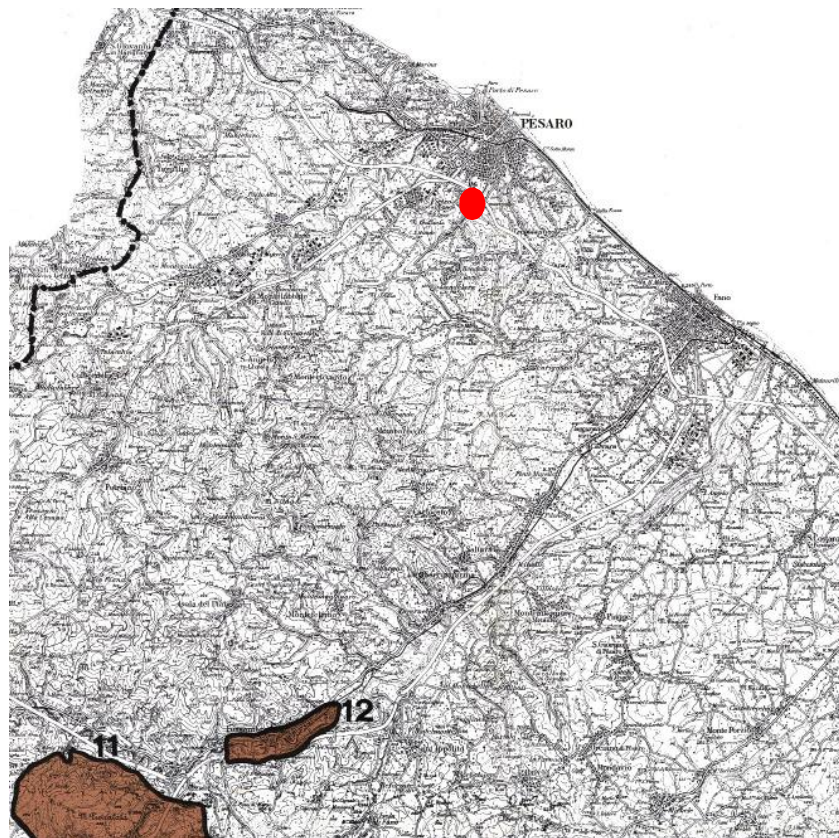


Figura 9-12. PPAR TAV. 3A - EMERGENZE GEOLOGICHE (art.28) (Accesso ottobre 2018). Il cerchio rosso individua le aree di studio.

## 10 CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOLOGICA

I dati relativi alle caratteristiche litologiche e strutturali dei litotipi affioranti nell'area in esame, acquisiti dall'analisi bibliografica, sono stati integrati attraverso un rilevamento geologico diretto sul terreno e l'analisi litostratigrafica e di facies eseguita sulle carote prelevate durante le campagne di indagini geognostiche.

I limiti stratigrafici e tettonici sono stati indicati con linea continua (determinabili con ragionevolezza) o tratteggiata (ipotizzabili) in funzione delle evidenze di campagna. La geometria degli strati (giacitura) è stata indicata con apposita simbologia.

Nella planimetria geologica i fenomeni gravitativi, le frane s.s., soliflussi ed i creep sono stati rappresentati mediante un'unica simbologia; viceversa, la differenziazione tra questi fenomeni è stata riportata nell'ambito delle carte geomorfologiche. Sono state altresì evidenziate le aree di affioramento secondo il criterio cromatico esposto in legenda.

Nell'area di studio sono stati identificati depositi appartenenti a successioni marine e continentali di età compresa tra il Miocene e l'Olocene, suddivisi ulteriormente in depositi aventi caratteristiche litotecniche comparabili (la sigla indicata tra parentesi a fianco di ogni deposito fa riferimento alla legenda della carta geologica).

In particolare, procedendo dai sedimenti più recenti ai più antichi si distinguono:

### 10.1 SUCCESSIONI QUARERNARIE

Nelle successioni quaternarie si distinguono i depositi eluvio-colluviali (ec), i depositi alluvionali attuali e recenti (a2).

#### 10.1.1 Depositi eluvio-colluviali (ec)

Depositi residuali di alterazione "in situ" delle litologie sottostanti che possono aver subito un piccolo trasporto fino alla zona di accumulo. Sono costituiti per lo più da terriccio e materiale argilloso - limoso e sabbioso bruno-rossastro. A luoghi si individuano orizzonti di suolo (Olocene).

#### 10.1.2 Depositi alluvionali attuali e recenti (a2)

Limi, limi argillosi e sabbie più o meno limose frammiste a ghiaie. In prossimità dei paleo-alvei o degli alvei attuali e nella piana alluvionale del fiume Foglia i litotipi ghiaioso - sabbiosi diventano predominanti. Nelle argille e nei limi si ritrovano clasti calcarei ed arenacei di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, da sub-angolosi a sub-arrotondati, isolati o in lenti. I vari depositi si alternano irregolarmente e si ritrovano con rapporti laterali e verticali di tipo eteropico. Tali depositi interessano gli alvei fluviali e le relative piane alluvionali attuali e recenti. (Olocene)

Le foto seguenti sono indicative dei depositi alluvionali "a2":

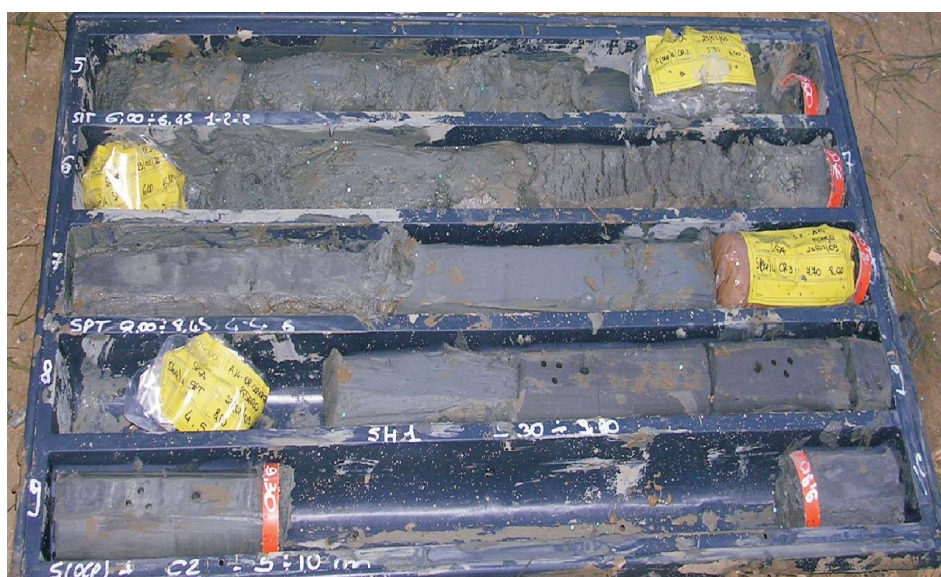


Figura 10-1. Depositi alluvionali (a2) in sondaggio – S(ocp)4 (Methodo 2009).





Figura 10-2. Depositi alluvionali (a2) in sondaggio – S(ocp)5 (5-10 /15-20 metri) (Methodo 2009).



Figura 10-3. Depositi alluvionali (a2) in sondaggio – S(oc)4 (Sondedile 2010).



Figura 10-4. Depositi alluvionali (a2) in sondaggio – S(ocSv)2 (Technosol 2014).



Figura 10-5. Depositi alluvionali (a2) in sondaggio – S(ocSv)1 (Technosol 2014).





Figura 10-6. Depositi alluvionali (a2) in sondaggio (S(ocpM)1). (Zona Muraglia, ad est dell'area di studio).

## 10.2 SUCCESSIONI MARINE PLIO-QUATERNARIE

Le successioni marine plio-quadernarie sono rappresentate dai sedimenti sabbioso – limosi (Ps) di Avanfossa.

### 10.2.1 Depositi prevalentemente sabbioso - limosi (Ps)

Sabbie e sabbie limose giallastre e grigie da debolmente a molto addensate, organizzate in modo irregolare in strati di spessore variabile da qualche centimetro fino a bancate metriche.

In prossimità dei lineamenti di faglia si possono rinvenire livelli cementati per percolazione di fluidi. Talora si rinvengono, intercalati alle sabbie, livelli metrici di argille e argille marnose grigie sottilmente stratificate, da molto consistenti a dure.

A tali depositi è stata attribuita un età Pliocenica.

Le foto seguenti sono identificative dei depositi prevalentemente sabbioso-limosi pliocenici "Ps":





Figura 10-7. Depositi limoso sabbiosi pliocenici (Ps) in sondaggio S(ocM)1 e S(ocM)3). (Zona Muraglia, ad est dell'area di studio).

### 10.3 SUCCESSIONI TERRIGENE MIO-PLIOCENICHE

Le successioni mioceniche genericamente vengono distinte in depositi evaporitici, depositi arenacei e depositi argilloso – marnosi; nell'area di stretto interesse in relazione all'opera di progetto sono stati intercettati unicamente termini litologici costituiti prevalentemente da depositi sabbiosi (Mar) ed argilloso – marnosi (Mag).

#### 10.3.1 Depositi prevalentemente sabbiosi (Mar)

Sabbie molto addensate disposte in strati con spessori generalmente compresi tra 50 e 100 centimetri, separati da livelli marnosi/argilloso-marnosi. Alle sabbie si intercalano orizzonti argilloso - marnosi da decimetrici a metrici che si ripetono a più livelli stratigrafici; all'interno dei livelli pelitici è possibile individuare orizzonti calcarei di origine evaporitica. Possibili intercalazioni di livelli sabbiosi molto addensati / debolmente cementati.

Le foto seguenti sono identificative dei depositi "prevalentemente sabbiosi" "Mar":





Figura 10-8. Depositi prevalentemente sabbiosi mio-pliocenici (Mar) in sondaggio (S(ocpSV)1 SG 2017, (S(ocSV)1 e S(ocSV)3) – Technosoil 2014.

### 10.3.2 Depositi argilloso - marnosi (Mag)

Argille marnose e marne argillose grigiastre a frattura concoide o scagliosa; all'interno della litozona si rinvencono livelli sabbiosi molto addensati e/o debolmente cementati.

Le foto seguenti sono identificative dei depositi prevalentemente argilloso - marnosi "Mag".





Figura 10-9. Depositi prevalentemente argilloso – marnosi mio-pliocenici (Mag) in sondaggio (E2-S20).

## 11 CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOMORFOLOGICA

La morfologia del tratto di studio è condizionata direttamente dalle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti e sub-affioranti, prevalentemente costituiti da termini argilloso - sabbiosi e sabbioso - arenacei.

L'orografia risulta dunque caratterizzata da forme pianeggianti, sub-pianeggianti o al più collinari nelle aree in cui sono presenti termini pelitici argilloso - limosi e argilloso - sabbiosi (con pendenze medie inferiori al 10%) e da morfologie pronunciate con versanti acclivi, in corrispondenza delle aree con substrato sabbioso arenaceo e marnoso - argilloso.

La prevalente regolarità della morfologia dell'area di studio è interrotta dall'asta fluviale del fiume Foglia che si sviluppa con andamento all'incirca antiappennico, mostrando un forte controllo di tipo tettonico. L'asta fluviale ha andamento da meandriforme a rettilineo, con piane alluvionali moderatamente sviluppate.

Nella zona di stretto interesse progettuale la morfologia collinare è interrotta dall'asta fluviale del Rio Genica che assume un andamento prevalentemente rettilineo in direzione NE-SO.

Per la rappresentazione degli elementi geomorfologici, sono state adottate le indicazioni proposte nei Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, serie III, volume 4, nonché quelle proposte dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia; il che ha permesso un immediato confronto con la simbologia presente nella maggior parte dei lavori pubblicati.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è caratterizzata da forme di denudazione e di accumulo con i relativi depositi raggruppabili in quattro tipologie principali: forme strutturali; forme di versante dovute alla gravità; forme fluviali dovute al dilavamento; forme antropiche.

### 11.1 FORME STRUTTURALI

#### 11.1.1 Cresta

Si tratta di una forma lineare di origine strutturale, la cui individuazione è di particolare importanza in quanto rappresenta un indizio di controllo strutturale legato sia alle caratteristiche litologiche che giaciture.

#### 11.1.2 Sella

Forma puntuale che, nell'area di studio, è legata principalmente ad un'origine tettonica.

### 11.2 FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'

Si distinguono forme di denudazione e forme di accumulo:

#### 11.2.1 Forme di Denudazione

##### **Nicchia di frana**

Si tratta di una morfologia lineare che indica la fascia del versante dalla quale si è mobilitato il materiale coinvolto nel movimento; se ne individuano diverse tipologie, distinguibili sia in base al comportamento meccanico delle litologie interessate dal movimento franoso, che in base alla superficie di scorrimento ed in relazione allo stato di attività:

- nicchia di frana di scorrimento attiva;

- nicchia di frana inattiva, caratterizzate da una morfologia poco distinguibile a causa dello stato di attività; spesso sono interessate dalla sovrapposizione di altri processi che ne hanno parzialmente modificato e mascherato le caratteristiche.

### **Orlo di scarpata di degradazione**

Forma lineare, che deriva dall'evoluzione morfologica di una scarpata in seguito all'azione della gravità. Queste forme presentano sempre propensione alla riattivazione, soprattutto in presenza di fenomeni eccezionali (meteorici o sismici) o nel caso di interventi antropici non correttamente concepiti.

### **Area interessata da dissesti delle coltri (soliflusso e creep)**

Porzione di versante più o meno vasta, interessata da movimenti viscosi della coltre superficiale 1÷3 m di spessore (creeping) che talora può interessare spessori di terreno superiore es. fino a 5÷10 m (creep). Si tratta di deformazioni sia continue che discontinue da lente a estremamente lente, che determinano la formazione di aree caratterizzate da ondulazioni, gibbosità e terrazzetti. Si tratta di deformazioni sia continue che discontinue, da lente a estremamente lente, che determinano la formazione di aree caratterizzate da ondulazioni, gibbosità, terrazzetti ed aree di svuotamento.

Le zone soggette a soliflusso devono essere considerate con cautela a causa della possibile evoluzione dei fenomeni, che possono essere equiparati a frane attive di coltre.

## **11.2.2 Forme di Accumulo**

I processi gravitativi comprendono le frane, che sono state suddivise in funzione del grado di attività, distinguendo forme attualmente in evoluzione e forme attualmente quiescenti entrambe, ove possibile, suddivise in corpo di frana, nicchia di distacco e coronamento. In particolare si evidenzia che sono considerate attive le frane con evoluzione stagionale o comunque quelle che all'analisi multitemporale delle foto aeree mostrano una persistenza di forme e segnali di attività. Si sottolinea come le frane quiescenti (fenomeni che non mostrano recenti evidenze di evoluzione) presentino una forte propensione alla riattivazione quando osservate su scala temporale più ampia e soprattutto in presenza di fenomeni eccezionali (meteorici o sismici) o nel caso di interventi antropici non correttamente concepiti.

Le forme attive indicano fenomeni che possono costituire condizioni di rischio reale, mentre le forme inattive rappresentano situazioni di pericolosità potenziale che possono degenerare in occasione di eventi meteorici eccezionali o di impropri interventi di trasformazione del suolo.

### **Corpo di frana di colamento in terra (earthflow)**

Caratterizzati da velocità del movimento variabile da molto lenta a lenta e profondità variabile da qualche metro fino 7÷10 m dal piano campagna.

### **Corpo di frana di scorrimento**

Gli scorrimenti (o scivolamenti, slides) comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici, oppure entro un "livello" abbastanza sottile.

### **Frana non fedelmente cartografabile**

Si tratta di movimenti gravitativi di tipo puntuale, non rappresentabili alla scala di lavoro.

### **Corpo di frana con evidenze di evoluzione (da CARG/Carta Geologica Regionale)**

Il tracciato della Bretella di Santa Veneranda a cui si raccorda il tracciato dello Svincolo di Pesaro sud, nel tratto compreso tra la progressiva 0+167 e la progressiva 0+323 circa, si sviluppa a mezza costa su un versante interessato da un corpo di frana di tipo "scivolamento" attivo; mentre tra la progressiva 0+140 e 0+200 circa, lambisce un corpo di frana di tipo "scivolamento" quiescente segnalato anche dalla cartografia degli enti (IFFI, PRG, PAI e carta geologica).

## **11.3 FORME FLUVIALI**

### **11.3.1 Forme di Erosione**

#### **Solco da ruscellamento concentrato**

Si tratta di una forma di erosione lineare determinata dall'approfondimento di rivoli prodotti dal riunirsi di filetti idrici secondo linee di scorrimento preferenziali.

#### **Vallecola a V**

Forma di erosione lineare derivante dall'approfondimento dei solchi di ruscellamento concentrato, di cui si è parlato in precedenza. Si tratta di un solco inciso, simmetrico o asimmetrico in base alla modalità di azione dei processi erosivi agenti, principali responsabili di tale morfologia.

#### **Vallecola a fondo piatto**

Forma di erosione lineare caratterizzata da un alveo a morfologia piatta, derivante dall'evoluzione della vallecola a V in conseguenza della combinazione dei processi geomorfologici di erosione, trasporto e sedimentazione. Nell'area di studio tale morfologia si individua principalmente in corrispondenza dei corsi d'acqua maggiori che scorrono in aree sub-pianeggianti

#### **Orlo di scarpata di erosione o terrazzo fluviale**

Forma lineare che si determina in seguito all'erosione dovuta all'azione delle acque di ruscellamento e/o in seguito all'approfondimento dell'alveo fluviale.

## **11.4 FORME ANTROPICHE**

#### **Aree urbanizzate**

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di numerose aree antropizzate, soprattutto per la morfologia sub-pianeggiante che ne facilita l'ubicazione. Sulle carte geomorfologiche, tuttavia, sono state considerate unicamente le aree urbanizzate ed industriali ubicate in prossimità delle opere in progetto

#### **Orlo di terrazzo a muretti o a scarpate**

Forme terrazzate di origine antropica, si tratta di forme lineari legate all'azione dell'uomo.

## 12 DESCRIZIONE GEOLOGICA DEI TRACCIATI

Nell'ambito del presente capitolo si sintetizzano le considerazioni a tema geologico ritenute di maggiore interesse per la progettazione delle opere.

Sulla base delle attività svolte e di tutti i dati raccolti, è stato possibile ricostruire il quadro geologico dell'area di studio ed in particolare è stata redatta una planimetria geologica (scala 1: 5.000) e profili geologici realizzati in asse di (scala 5000/500 e scala 5000/5000). La ricostruzione stratigrafica dei terreni nel tratto in progetto si basa principalmente sulle risultanze delle indagini geognostiche. Nella descrizione si fa riferimento alle planimetrie ed ai profili geologici realizzati in asse di tracciamento. Nel profilo geologico, al fine di evidenziare anche strati di spessore limitato, si è scelta una scala verticale con rapporto di 1:10 rispetto a quella orizzontale.

I litotipi distinti in profilo sono 6: litofacies prevalentemente ghiaiosa; litofacies prevalentemente sabbiosa, litofacies prevalentemente limoso – argillosa -sabbiosa, litofacies prevalentemente argillosa, litofacies prevalentemente marnosa e litofacies prevalentemente arenacea. Questa schematizzazione è stata adottata perché la composizione granulometrica varia notevolmente anche per piccoli intervalli, si è ritenuto opportuno distinguere i livelli grossolani (sabbie più o meno limose) da quelli fini (limi ed argille, anche se sabbiosi), fornendo nel contempo un orientamento circa le caratteristiche di resistenza, compressibilità e permeabilità dei materiali.

Come descritto nei capitoli precedenti, dal punto di vista litologico nell'area di studio sono stati identificati tre gruppi principali di depositi, di età compresa tra il Miocene e l'Olocene, appartenenti alle successioni marine e a quelle continentali. Al loro interno sono state distinte diverse facies in base alle caratteristiche litologiche specifiche.

Dal punto di vista geometrico i contatti fra le diverse unità possono essere sia stratigrafici sia eteropici; pertanto molto spesso le litologie presenti nell'area sono giustapposte per eteropia laterale e ciò può determinare forti variabilità orizzontali e verticali di spessore. Inoltre, le giaciture subverticali delle successioni terrigene mioceniche (Mar e Mag) e quelle suborizzontali o poco inclinate dei depositi di Avanfossa adriatica (Ps) evidenziano la presenza di una generale discordanza angolare fra queste successioni.

L'analisi delle planimetrie geologiche, geomorfologiche e dei profili geologici consente di individuare ambiti di territorio a morfologia collinare e sub-collinare ai quali si interpongono le pianure alluvionali del Rio Genica e dei suoi affluenti in destra idrografica. Nelle aree a morfologia collinare il substrato risulta costituito dai depositi prevalentemente sabbiosi della successione marina plio-quadernaria (Ps) e della successione terrigena Mio-Pliocenica (Mar).

Ad esclusione delle aree in corrispondenza dei quali il substrato risulta affiorante o sub-affiorante, nel contesto generale si osserva una situazione piuttosto omogenea con depositi di copertura di età Pleistocenica ed Oligocenica che ricoprono, con spessori variabili, le formazioni del substrato.

Per quanto riguarda gli elementi morfologici antropici (argini e rilevati), il profilo topografico di dettaglio mostra una lieve discrepanza rispetto alla cartografia regionale (cartografia in scala 1:10.000 restituita in progetto in scala 1:5.000) che è stata utilizzata come base topografica per gli elaborati geologici. Nella realizzazione della sezione geologica sono segnalate con apposito simbolo i settori con riporti antropici mappati in planimetria.

Di seguito si propone una descrizione delle aree afferenti alle opere in progetto:

### 12.1 SVINCOLO DI PESARO SUD

Il progetto prevede una nuova stazione e uno svincolo a servizio del tratto Sud dell'Autostrada A14, con collegamento esclusivo "da" e "per" Ancona. La versione di cui in oggetto prevede una rampa monodirezionale di entrata in direzione Sud e una di uscita in direzione Nord. Il casello, posto a Nord dell'Autostrada, si connette direttamente alla rotatoria Sud della "Strada Interquartieri" di Pesaro (via Sandro Pertini), a sud dell'autostrada si raccorda attraverso la "viabilità A" alla Nuove Bretella di S. Veneranda. Dal piazzale di stazione si diparte, verso sud, la rampa autostradale bidirezionale; tale

rampa insiste, in parte, sul sedime della strada Pantano Castagni ed è orientata parallelamente al campo sportivo. Superato lo stadio, a sud, si diramano le due rampe: la rampa A di uscita dalla carreggiata nord per le provenienze da Ancona/Bari, e la rampa B di entrata in direzione sud; in particolare la rampa B del tracciato attraversa l'autostrada con un nuovo sottopasso al km 161+200. La nuova configurazione plano-altimetrica delle rampa B, comporta di dover ricollocare la parte terminale della nuova bretella di S.Veneranda, che nel sua configurazione progettuale si connette con la strada Pantano Castagni proprio in corrispondenza del sottopasso. Il tratto di strada di Pantano Castagni dal sottopasso fino al collegamento con Via Pertini viene quindi declassato come strada di servizio del centro sportivo e viabilità di accesso alle abitazioni presenti a ridosso della carreggiata nord autostradale. Il piazzale, infine, è collegato alla viabilità locale tramite una rampa bidirezionale (rampa C) che si innesta alla nuova rotatoria di progetto posta tra via Sandro Pertini e la strada Pantano Castagni.

Le opere in progetto si sviluppano nella piana del Rio Genica, in destra idrografica, con andamento all'incirca parallelo a quello del corso d'acqua ed attraversano il tracciato dell'autostrada A14 all'altezza del km 161+220 circa. L'area del casello e i rami di raccordo si sviluppano nella piana alluvionale, mentre le rampe (Rampa A in uscita verso nord e Rampa B in entrata verso sud) lambiscono, mantenendosi a quote di circa 35-40 m s.l.m., la parte basale dei rilievi collinari che raggiungono in questa zona quota di circa 80 – 100 m s.l.m. Morfologicamente l'area è caratterizzata da blandi rilievi collinari degradanti verso mare e da una estesa pianura alluvionale.

Il contesto geologico su cui si impostano le opere è omogeneo in tutta l'area, con depositi alluvionali attuali e recenti (a2) che si impostano su un substrato costituito dai termini prevalentemente sabbiosi della successione terrigena mio-pliocenica (Mar) e marginalmente (viabilità A) sui depositi di Avanfossa sabbioso-limosi (Ps). In particolare:

**Rampa A** (rampa di uscita in direzione nord): Il tracciato si sviluppa sia in rilevato sia a raso e si imposta nel primo tratto, fino alla progressiva 0+050 circa, sui termini prevalentemente sabbiosi e sabbioso – arenacei della successione terrigena mio-pliocenica (Mar) e quindi sui depositi alluvionali attuali e recenti (a2) del Rio Genica. I depositi alluvionali sono in facies limoso – argillosa e sabbioso-limoso con locali lenti e/o livelli di ghiaie generalmente discontinue; sono presenti resti carboniosi e lignei (cfr. sondaggio S(ocp)4). Da segnalare, nei depositi alluvionali, la presenza di terreni granulari poco addensati (bassi valori di N<sub>spt</sub>) e a bassa consistenza (bassi valori di pocket); in particolare, con riferimento al sondaggio S(ocp)4 il numero di colpi nelle prove Spt e i valori di pocket tendono ad aumentare a partire da circa 18 m da p.c. Sulla base dei dati a disposizione, si può ipotizzare uno spessore massimo dei depositi alluvionali di circa 20-25 m. Alla base dei depositi alluvionali quaternari è stata riscontrata la presenza di un substrato costituito da termini sabbiosi e sabbioso - marnosi (Mar) costituiti da alternanze arenitico – pelitiche con sabbie più o meno cementate; talvolta sono presenti anche argille dure (cfr. SE24, S(ocp)4 e S(ocp)5).

Nella fascia di raccordo tra i rilievi collinari e la piana alluvionale è presente una coltre di depositi eluvio-colluviali.

**Rampa B** (rampa in entrata in direzione sud): il tracciato si sviluppa prevalentemente in rilevato e attraversa l'autostrada con un nuovo sottopasso al km 161+220. Le opere si impostano, da inizio tratto fino alla progressiva 0+520 circa, sui depositi alluvionali attuali e recenti (a2) quindi interessano i depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso arenacei (Mar). Nel tratto di raccordo tra la pianura alluvionale e i rilievi collinari è presente una coltre di depositi eluvio – colluviali. I depositi alluvionali sono in facies limoso – argillosa e sabbioso-limoso con locali lenti e/o livelli di ghiaie generalmente discontinue; sono anche presenti resti carboniosi e lenti torbose (cfr. S(ocp)4, S(ocp)5, Pz(ocp)7, Pz(ocp)8, pz(ocSV)4, pz(ocSV)3). Sulla base dei dati a disposizione, si può ipotizzare uno spessore massimo dei depositi alluvionali nell'ordine dei 20-25 m (spessore di circa 23 metri nel sondaggio S(ocp)5) e di circa 18 metri nel sondaggio S(ocp)4). Da segnalare, nei depositi alluvionali, la presenza di terreni granulari poco addensati (bassi valori di N<sub>spt</sub>) e a bassa consistenza (bassi valori di pocket); in particolare, con riferimento al sondaggio S(ocp)4 il numero di colpi nelle prove Spt e i valori di pocket tendono ad aumentare a partire da circa 18 m da p.c. mentre nel sondaggio S(ocp)5 a partire da circa 23 m da p.c. Alla base dei depositi alluvionali è presente un substrato costituito dai litotipi sabbiosi e sabbioso-marnosi (Mar) costituiti da alternanze arenitico – pelitiche con sabbie più o meno cementate; talvolta sono presenti anche argille dure (cfr. SE24, S(ocp)4, S(ocp)5 e S(ocp)6).

**Rampa C – piazzale di esazione:** il piazzale di esazione è ubicato su un'area pianeggiante a monte della strada Pantani Castagni. Da punto di vista geologico si imposta sulle alluvioni attuali e recenti (a2) del Rio Genica. I depositi alluvionali sono prevalentemente limoso-argillosi con intercalazioni metriche di sabbia fine limosa (cfr S(OCP)4 livello sabbioso da 3.50 m a 7.00 m da p.c. e S(OC)4 livello sabbioso da 19 m a 25 m da p.c.); presenti resti carboniosi e lenti torbose (cfr. S(ocp)4, S(oc)4, Pz(ocp)7, Pz(ocM)1). Alla base dei depositi alluvionali il sondaggio S(OCP)4 intercetta alla profondità di circa 18 m da p.c. il substrato ascrivibile alla successione terrigena mio-pliocenica (Mar) e caratterizzati in sondaggio da argilla limosa grigia dura con intercalazioni di sabbia fine limosa. In corrispondenza del sondaggio S(OC)4 il substrato è stato ipotizzato ad una profondità superiore rispetto ai 25 m indagati. Sulla base dei dati a disposizione, si può ipotizzare uno spessore massimo dei depositi alluvionali nell'ordine dei 30 m.

**Viabilità A:** Il tracciato si sviluppa prevalentemente in rilevato e interseca l'autostrada esistente in prossimità del km 161+250 circa, l'attraversamento avviene in sottovia. Le opere si impostano sulle alluvioni attuali e recenti (a2) del Rio Genica. I depositi alluvionali si presentano in facies limoso-argillosa e sabbioso-limosa con locali lenti e/o livelli di ghiaie generalmente discontinue; sono presenti anche resti carboniosi e lenti torbose (cfr. S(ocp)5, S(ocp)4, S(oc)4, pz(ocpSv)1, pz(ocSV)3, pz(ocSV)4, Pz(ocp)8, Pz(ocp)4). Sulla base dei dati a disposizione, si può ipotizzare uno spessore dei depositi alluvionali di circa 30 m (spessore di circa 23 metri nel sondaggio S(ocp)5 e di circa 18 metri nel sondaggio S(ocp)4). Da segnalare, nei depositi alluvionali, la presenza di terreni granulari poco addensati (bassi valori di N<sub>spt</sub>) e a bassa consistenza (bassi valori di pocket); in particolare, con riferimento al sondaggio S(ocp)4 il numero di colpi nelle prove Spt e i valori di pocket tendono ad aumentare a partire da circa 18 m da p.c. mentre nel sondaggio S(ocp)5 a partire da circa 23 m da p.c. Alla base dei depositi alluvionali quaternari è presente un substrato costituito dai depositi prevalentemente sabbiosi della successione terrigena mio-pliocenica (Mar) (costituiti da alternanze arenitico – pelitiche con sabbie più o meno cementate; talvolta sono presenti anche argille dure (cfr. SE24, S(ocp)5). Da inizio tratto fino alla progressiva 0+150 circa è stato ipotizzato il substrato costituito da depositi di Anvanfossa sabbioso – limosi (Ps).

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, per i quali si rimanda all'elaborato cartografico GEO 0012, oltre ai dissesti interferenti con il tracciato della Bretella di S. Veneranda a sud delle opere in progetto, si segnala che i principali elementi di interesse per la realizzazione delle opere riguardano gli aspetti idraulici legati all'attraversamento dei corsi d'acqua in aree con morfologie sfavorevoli per i deflussi ed a rischio di allagamento (vedi paragrafo 9 verifica di p.g.r.a. - p.a.i - i.f.f.i - p.r.g).

## 13 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

In questo ambito si ribadiscono alcune criticità geologiche che possono avere influenza per la progettazione delle opere.

- presenza di materiali con scadenti caratteristiche meccaniche (terreni granulari con bassi valori di  $N_{spt}$  e terreni coesivi con bassi valori di pocket) riscontrati nei depositi alluvionali, nelle coltri di alterazione del substrato, nei depositi eluvio colluviali ecc. Tali depositi fini risultano compressibili, il che deve essere debitamente considerato al fine di contenere al massimo i potenziali cedimenti, anche differenziali
- la presenza di edifici civili o industriali e dell'autostrada esistente in prossimità delle opere rappresenta un elemento da considerare con la massima attenzione, in quanto una variazione inopportuna dello stato tensionale dei terreni dovuta alla realizzazione di scavi, emungimenti, riporti, ecc. può generare lesioni sui manufatti;
- difficoltà nel ricostruire l'andamento del substrato al di sotto dei depositi alluvionali, in quanto si tratta di un contatto di tipo erosionale che può variare con estrema facilità in un breve intorno prescindendo da regole geometriche prevedibili;
- presenza di numerose linee di deflusso naturale delle acque, che dovranno essere considerate con attenzione al fine di non causarne l'ostruzione;
- zona per la quale il progettista geotecnico deve valutare la possibilità che s'innescino fenomeni di liquefazione;
- per quanto riguarda il rischio idraulico gli elaborati PAI segnalano aree a rischio esondazione elevato (R3) interferenti con l'asse della "VIABILITA' A" nel tratto compreso tra la progressiva 0+025 e la progressiva 2+080 circa e aree a rischio esondazione moderato (R1) interferenti con l'asse della "VIABILITA' A" dalla progressiva 800+060 circa a fine tratto e con la "zona ribassata per recupero aree esondate" posta più ad ovest dello svincolo (volume circa 15.250 mc). L'asse della RAMPA B lambisce la stessa area a rischio esondazione elevato (R3) nel tratto compreso tra la progressiva 0+400 e 0+500 circa;
- la provincia di Pesaro Urbino, segnala problemi di esondazione del rio Genica legati alla presenza di manufatti (ponti, finsider) che restringono la sezione di deflusso ed ai fenomeni di rigurgito prodotti dalle fognature; segnala anche la presenza del ponte di S. Castagni con impalcato basso e parzialmente interrato, la vicinanza di edifici con problemi di smaltimento delle acque;
- le opere in progetto ricadono in aree interessate strutture identificate come "Faglie Capaci";
- con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2.1", si osserva che le opere in progetto ricadono in una zona governata principalmente dall'area sismogenetica ITCS032 Pesaro-Senigallia correlata alle sorgenti sismogenetiche ITIS032 Pesaro San Bartolo e ITIS031 Fano Ardizio;
- per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici i principali elementi di interesse per la realizzazione delle opere riguardano gli aspetti idraulici legati all'attraversamento dei corsi d'acqua in aree con morfologie sfavorevoli per i deflussi ed a rischio di allagamento (vedi paragrafo 9 verifica di p.g.r.a., p.a.i, i.f.f.i e p.r.g);
- possibile interferenza con la falda in corrispondenza delle minime soggiacenze freatiche in corrispondenza degli attraversamenti fluviali e dei sottopassi ciclopedonali;
- presenza di acque calcico-clorurino-sodiche ricche in magnesio e solfati nella fascia costiera;



- presenza di ritombamenti delle linee di deflusso naturale delle acque;
- presenza di acque aggressive per il calcestruzzo connesse all'ingressione di acqua marina.

Per quanto attiene alle possibili interferenze degli scavi con le aree potenzialmente instabili (es. orli di scarpata di degradazione, frane attive, ecc.) si evidenzia la necessità di considerare sia la possibilità di accadimento di eventi naturali "eccezionali" (piovosità, sisma, ecc.) sia le caratteristiche specifiche delle opere progettate.