

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRA
COMUNE DI CARBONARA SCRIVIA
Piano Regolatore Generale Comunale
Approvato con D.G.R. n. 6-11613 del 20 Maggio 2004

VARIANTE GENERALE
ai sensi dell'art.17 comma 3 L.R. 56/77 e s.m.i.

PROPOSTA TECNICA del PROGETTO
PRELIMINARE

Adottato con D.C.C. n. del

AGGIORNAMENTO E VERIFICHE DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA-IDROGEOLOGICA AL P.A.I. SULLA BASE DI INDAGINI
CONFORMI ALLA D.G.R. 24/03/2025, N. 8-905.

MICROZONAZIONE SISMICA

ELABORATO 5.12
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il Sindaco

Il Segretario

Il Responsabile del Procedimento

Il Tecnico incaricato Dott. Geol. Massimo Baiardi
 iscritto all'Ordine Regionale
 dei Geologi del Piemonte con n. 354

Il Collaboratore Dott. Geol. Piero Adamo
 iscritto all'Ordine Regionale
 dei Geologi del Piemonte con n. 795

Scala 1:10.000

Aggiornamento cartografico Maggio 2026

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	RICERCA STORICA	4
2.2	QUADRO DELLE CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE – PERICOLOSITA’ DI BASE.....	49
3.	ASSETTO GEOLOGICO–TETTONICO–GEOMORFOLOGICO DELL’AREA	52
3.1	AMBITO STRUTTURALE.....	52
3.2	AMBITO GEOLOGICO	65
3.3	AMBITO GEOLITOLOGICO.....	67
3.4	AMBITO GEOMORFOLOGICO	68
3.5	AMBITO GEOIDROLOGICO	69
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	70
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	71
6.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	73
7.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	74
7.1	ATTENUAZIONE DELL’ACCELERAZIONE SISMICA	74
7.2	EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE DELL’ACCELERAZIONE SISMICA	75
7.3	EFFETTI DI INSTABILITA’ DOVUTI A FENOMENI “COSISMICI”	75
7.4	ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE	76
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI	78
8.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	78
8.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (CGT_MS).....	80
8.3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	83
9.	BIBLIOGRAFIA	87

ELABORATI CARTOGRAFICI

- CARTA DELLE INDAGINI – base cartografica BDTRE scala 1:10.000
- CARTA GEOLOGICO TECNICA – base cartografica BDTRE scala 1:10.000
- CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA– base cartografica BDTRE scala 1:10.000.

1. INTRODUZIONE

Il Comune di Carbonara Scrivia è dotato di PRG approvato con DGR n. 6-11613 del 20/05/2004. Successivamente è stato sottoposto a modifiche ed integrazioni in ultimo approvate con deliberazione di Consiglio Comunale n. 2 del 30/03/2015. Per quanto riguarda gli elaborati geologici allegati al PRG vigente, a seguito delle verifiche di Compatibilità idraulica ed idrogeologica e della riunione del gruppo interdisciplinare, sono stati dichiarati “idonei ad aggiornare ed integrare quanto riportato nell’Allegato 4 (Delimitazione delle aree in dissesto – Cartografia in scala 1:25.000) dell’elaborato 2 (Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici) del PAI” con nota protocollo n. 44804/DB08.07 del 28/12/2011 del Settore Copianificazione Urbanistica – Provincia di Alessandria.

Considerato che il Comune di Carbonara Scrivia è stato classificato in zona sismica 3 con D.G.R. 19/01/2010 n. 11-13058, risultano necessari gli approfondimenti specifici, finalizzati al Parere Regionale per quanto concerne gli aspetti sismici, ai sensi della D.G.R. n. 7-3340 del 03/02/2012.

Pertanto, a seguito dell’entrata in vigore della D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011, che ha recepito la classificazione sismica ed i disposti dell’art. 89 del D.P.R. 380/2001 e richiama l’obbligatorietà del parere preventivo sul progetto preliminare degli Strumenti Urbanistici Generali e delle loro Varianti dei comuni dichiarati sismici (norma già presente nella Legge n. 64 del 02/02/1974 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”), e della successiva D.G.R. n. 7-3340 del 3.02.2012, con la quale sono state apportate alcune modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, è stato dato incarico di predisporre gli elaborati secondo quanto previsto al punto 4.2 “Modalità e procedure per il rilascio del parere preventivo” della soprarichiamata D.G.R. n. 4-3084/2011 che recita *“Gli studi geologici allegati allo strumento urbanistico generale sono predisposti sulla base degli standard fissati dai criteri tecnici regionali in materia, strutturando le informazioni rilevanti sotto il profilo sismico secondo le indicazioni contenute negli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (di seguito ICMS), individuati come elaborato tecnico di riferimento per il Piemonte con D.G.R. n. 17-2172 del 13.06.2011”*.

Infatti a partire dal 01/06/2012 gli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico a supporto degli strumenti urbanistici generali, e loro varianti generali e strutturali, dei Comuni compresi nelle zone sismiche 3S e 3, devono essere predisposti secondo le modalità previste dall'allegato A alla D.D. 540/DB1400 del 09/03/2012 che prevede, in sede di richiesta di parere ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001, a corredo degli strumenti urbanistici, una specifica indagine di microzonazione sismica con approfondimenti corrispondenti al livello 1 degli ICMS "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" a cura del Dipartimento della Protezione Civile (approvati dalla Conferenza delle Regioni e Province autonome il 13/11/2008 ed individuati dall'O.P.C.M. n. 3907/2010 quale documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi) secondo le modalità indicate da "Microzonazione Sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2" a cura della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

Inoltre, nelle successive valutazioni, si è tenuto conto dei contenuti della Determinazione Dirigenziale 09/06/2022 n. 1696 Regione Piemonte – Settore A1800A Opere Pubbliche Difesa Suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica "Definizione di linee di indirizzo in materia di prevenzione del rischio sismico per la predisposizione degli studi a supporto degli strumenti urbanistici" che richiama quanto già previsto nella precedente e sopraccitata D.D. 540/2012 integrando e specificando quanto previsto per l'indagine di microzonazione sismica con approfondimenti corrispondenti al livello 1 degli ICMS.

Il livello 1 è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Nel dettaglio, il livello 1 degli ICMS prevede, oltre alla presente relazione illustrativa, la realizzazione dei seguenti elaborati predisposti tramite tecnologia GIS e georeferenziati UTM-WGS 1984:

- Carta delle Indagini
- Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Il modello tridimensionale del sottosuolo, strumento conoscitivo propedeutico alla redazione della carta di MS, è stato pertanto ricostruito sulla base della valutazione dei dati litostratigrafici e geofisici disponibili esistenti e/o di nuova acquisizione (Rif. Carta delle indagini) e di osservazioni geologiche e geomorfologiche (Rif. Carta geologico tecnica).

La metodologia di studio seguita si può schematizzare secondo le seguenti fasi:

- ricerca storica finalizzata a reperire informazioni sugli effetti conseguenti ad eventi sismici avvenuti in passato nella zona di studio;
- inquadramento delle caratteristiche sismologiche del territorio comunale attraverso la raccolta dei dati e delle informazioni derivanti da studi e pubblicazioni effettuati da organismi, enti ed istituti di ricerca di settore;
- raccolta delle informazioni e dei dati di indagini presso le diverse Fonti di archivio e Banche Dati, esecuzione di indagini ex-novo e redazione della relativa Carta delle Indagini in scala 1:10.000 e georeferenziata UTM-WGS1984 33N secondo gli standard di codifica previsti nella pubblicazione del dicembre 2020 “Microzonazione Sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2” a cura della Commissione Tecnica per la microzonazione sismica nominata con D.P.C.M. 21 Aprile 2011;
- elaborazione delle informazioni ricavabili dalle indagini raccolte ed eseguite con la ricostruzione degli schemi dei rapporti stratigrafici più significativi attraverso n. 2 sezioni geologiche;
- elaborazione e sovrapposizione di tutte le informazioni di carattere geomorfologico, idrogeologico, geologico-litotecnico, stratigrafico attraverso la redazione della Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000 e georeferenziata UTM-WGS1984 33N secondo gli standard di codifica previsti nella pubblicazione del ottobre 2015 “Microzonazione Sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2” a cura della Commissione Tecnica per la microzonazione sismica nominata con D.P.C.M. 21 Aprile 2011;
- elaborazione della Carta delle MOPS (delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) con la zonazione del territorio comunale in scala 1:10.000 e georeferenziata UTM-WGS1984 33N secondo gli standard di codifica previsti nella pubblicazione dell’dicembre 2020 “Microzonazione Sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2” a cura della Commissione Tecnica per la microzonazione sismica nominata con D.P.C.M. 21 Aprile 2011.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 RICERCA STORICA

È stata effettuata una raccolta dei dati relativi alla pericolosità sismica del territorio comunale e delle notizie storiche sull'attività sismica dell'area.

È stata eseguita una ricerca di informazioni storiche presso i siti:

- dell'INGV (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>)
- dell'ARPA (<http://www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/temi-ambientali/terremoti/documentazione-e-dati>)
- della Regione Piemonte (http://www.regione.piemonte.it/oopp/rischio_sismico/microzonazione.htm)
- della Protezione Civile (<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/microzonazione.wp>)
- di ISPRA Ambiente (<http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/index.html>)

Sul sito dell'INGV è possibile la consultazione dei seguenti database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani:

- DBMI99: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI99 (Gruppo di lavoro CPTI (1999). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 1999 (CPTI99), INGV. DOI: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI99/>);
- DBMI04: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI04>);
- DBMI11: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>).
- DBMI15: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (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>)

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano, chiamata DBMI15, è stata rilasciata a luglio 2016 e fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, rela-

tivi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 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). Contiene 122.701 dati di intensità relativi a 3.212 terremoti. I 122.701 MDP (Macroseismic Data Points) sono riferiti a circa 20.000 località di cui 15.213 in territorio italiano, che vanno complessivamente a coprire 7.702 comuni degli 8.047 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. In corrispondenza della località "Carbonara Scrivia" si individuano n. 2 eventi (Figura 1):

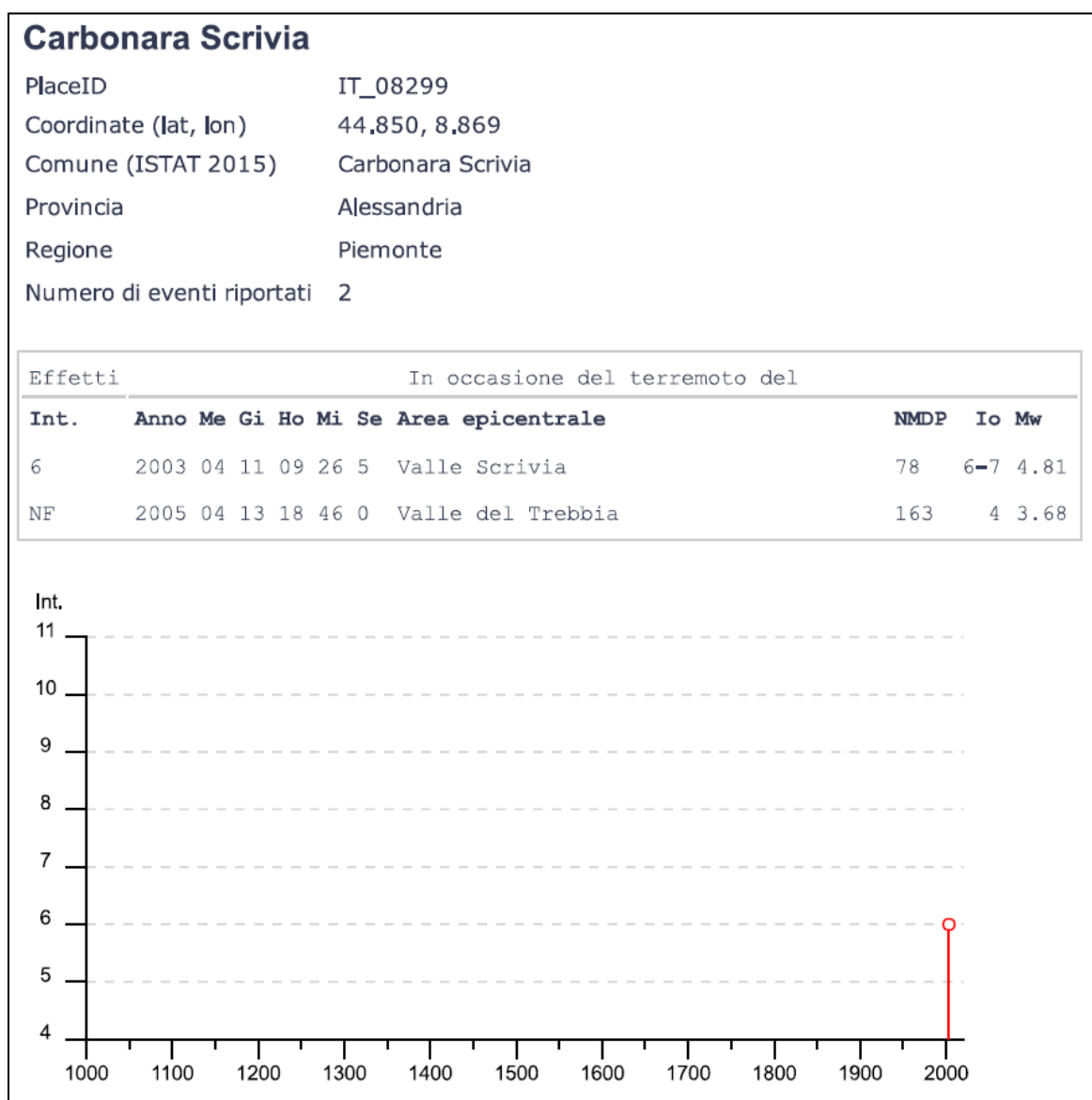


Figura 1 – Storia sismica Carbonara Scrivia – Estratto DBMI15 database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

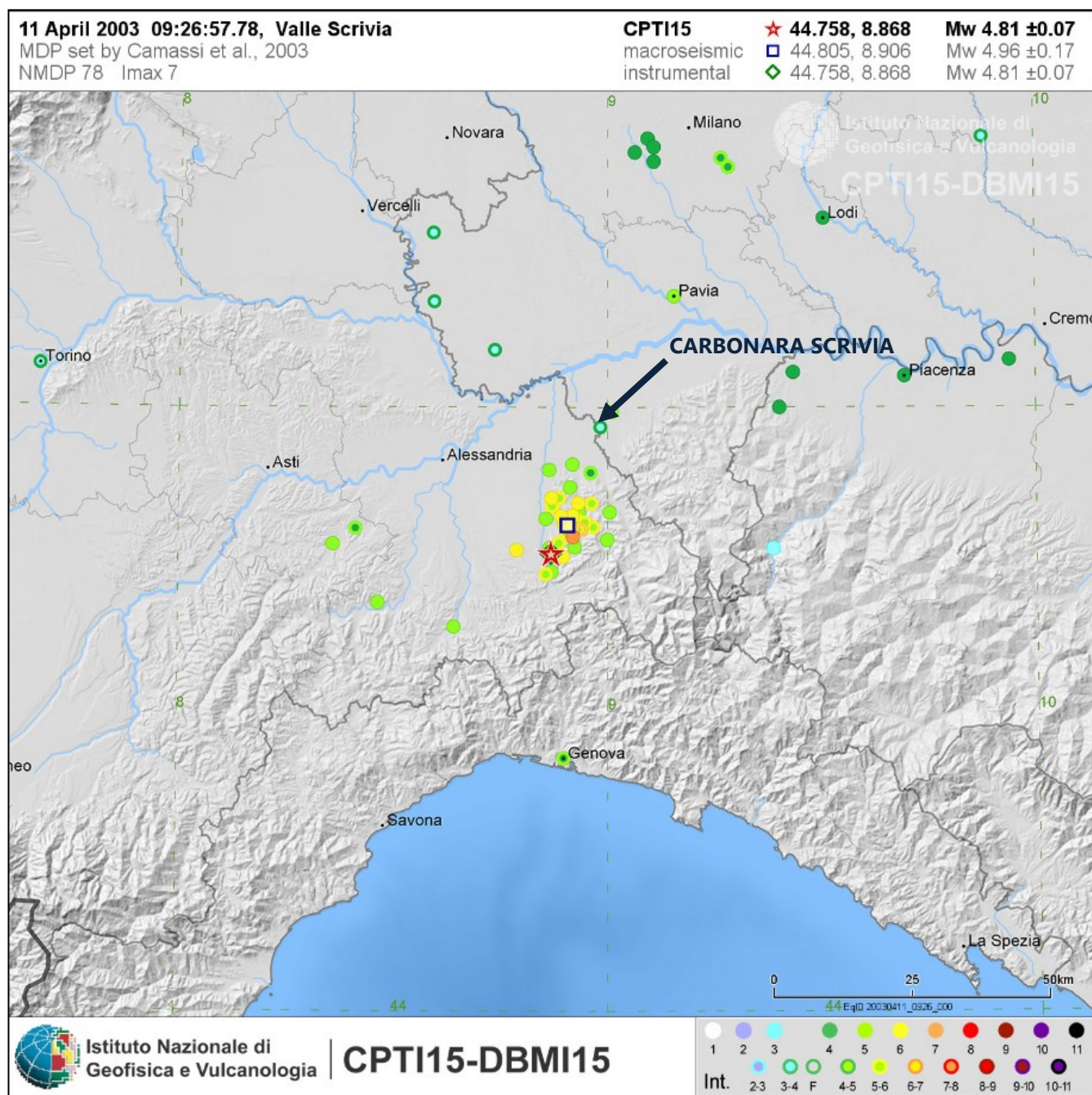


Figura 2 – Evento sismico 2003 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

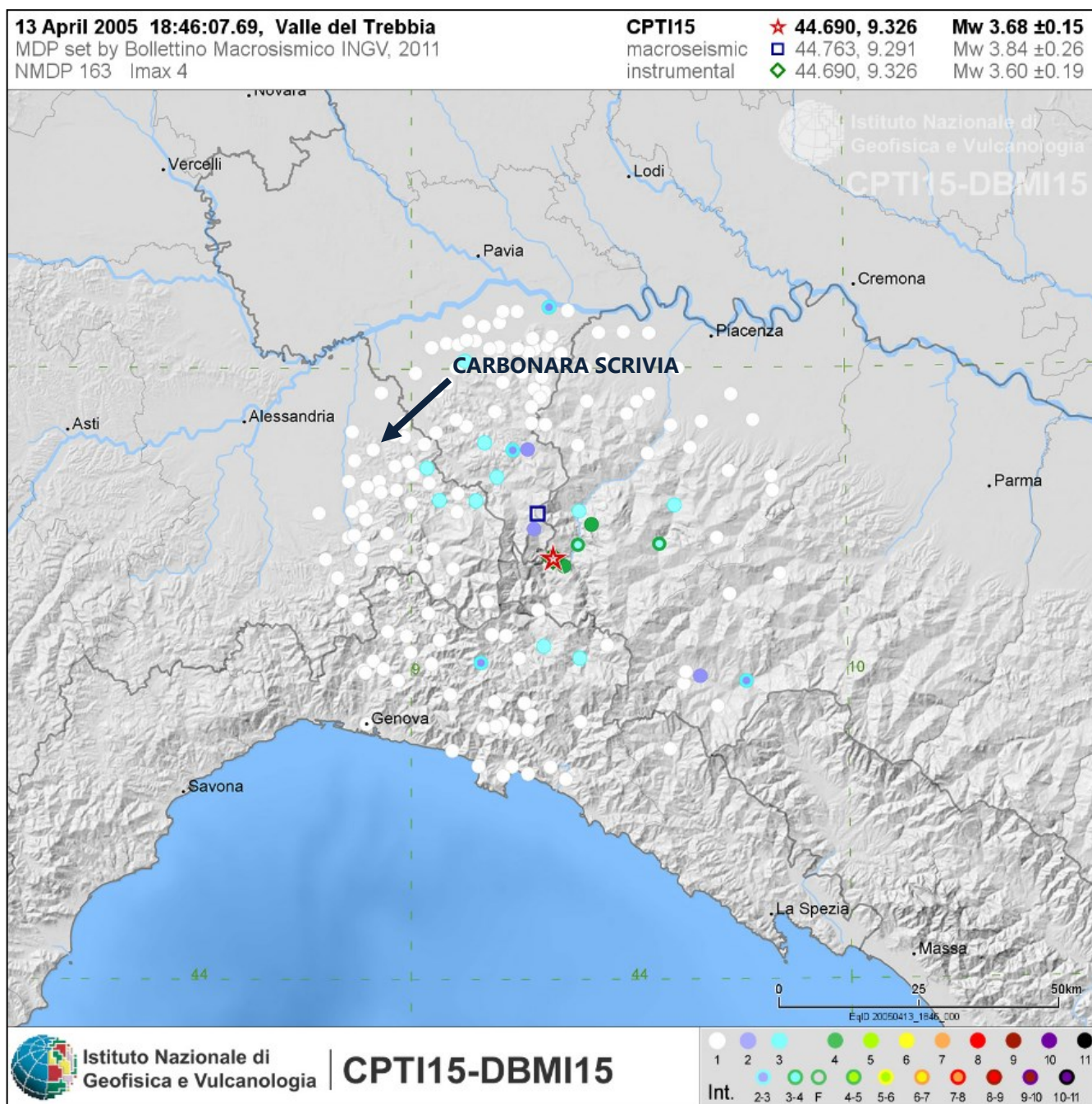


Figura 3 – Evento sismico 2005 relativo alla località “Valle del Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

Consultando le località vicine (entro 10 km), il numero maggiore di eventi si è registrato a Tortona (comune confinante con Carbonara Scrivia a Nord), ovvero 36 eventi. Si riportano nel seguito i report di dettaglio degli eventi registrati a Tortona presenti nel database.

Tortona

PlaceID IT_09204
 Coordinate (lat, lon) 44.897, 8.864
 Comune (ISTAT 2015) Tortona
 Provincia Alessandria
 Regione Piemonte
 Numero di eventi riportati 36

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1541	10	22	18			Valle Scrivia	9	7	5.26
5	1759	05	26	22	15		Pavese	4	5	4.16
5	1780	08	01				Valle Scrivia	1	5	4.16
5	1780	08	04				Valle Scrivia	1	5	4.16
7	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
3	1873	09	17				Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
4	1882	02	15	05			Val Borbera	18	6	4.77
3	1886	09	05				Torinese	101	7	5.22
6	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1894	11	27	05	07		Bresciano	183	6	4.89
4	1901	01	23	00	17	1	Oltrepò Pavese	90	5	4.23
4	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
5	1902	04	11	01	28	4	Valle Scrivia	3	4	3.70
NF	1906	07	14	18	35		Valle Scrivia	11	5	4.16
NF	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
3	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
5	1913	12	07	01	28		Valle Scrivia	56	5	4.57
3-4	1914	10	26	03	43	2	Torinese	63	7	5.24
2	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
2	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
2	1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1926	01	01	18	04	0	Carniola interna	63	7-8	5.72
4-5	1945	12	15	05	27		Oltrepò Pavese	12	6	4.72
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
3-4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57
3-4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
4	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94

Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2001	07	18	22	47	1	Monferrato	253	5	4.23
5	2003	04	11	09	26	5	Valle Scrivia	78	6-7	4.81
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

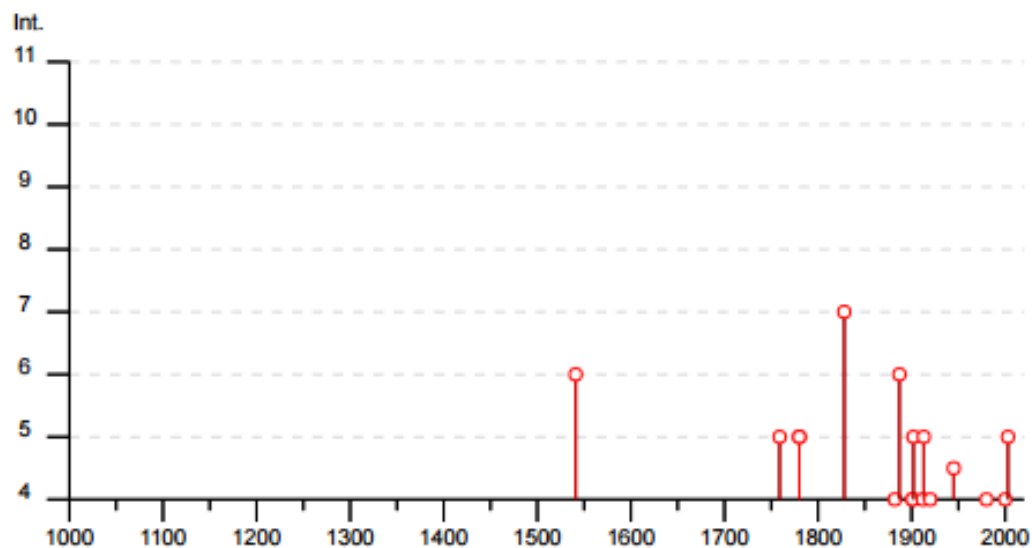


Figura 4- Storia sismica Tortona (la località con più eventi più prossima a Carbonara Scrivia presente nel database) – Estratto DBMI15 database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani – Fonte sito INGV (consultazione Settembre 2016).

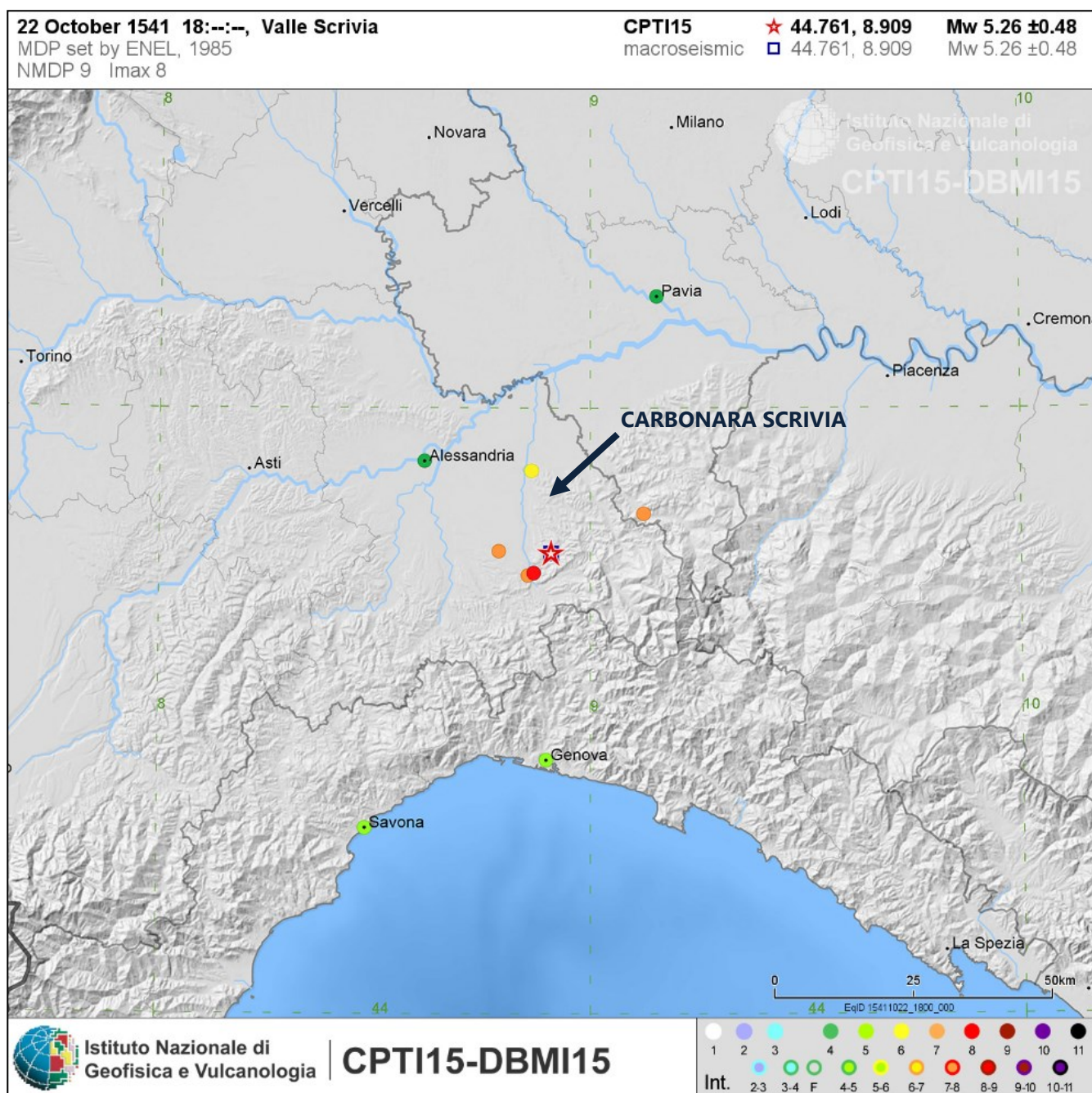


Figura 5 - Evento sismico 1541 relativo alla località "Valle Scrivia" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

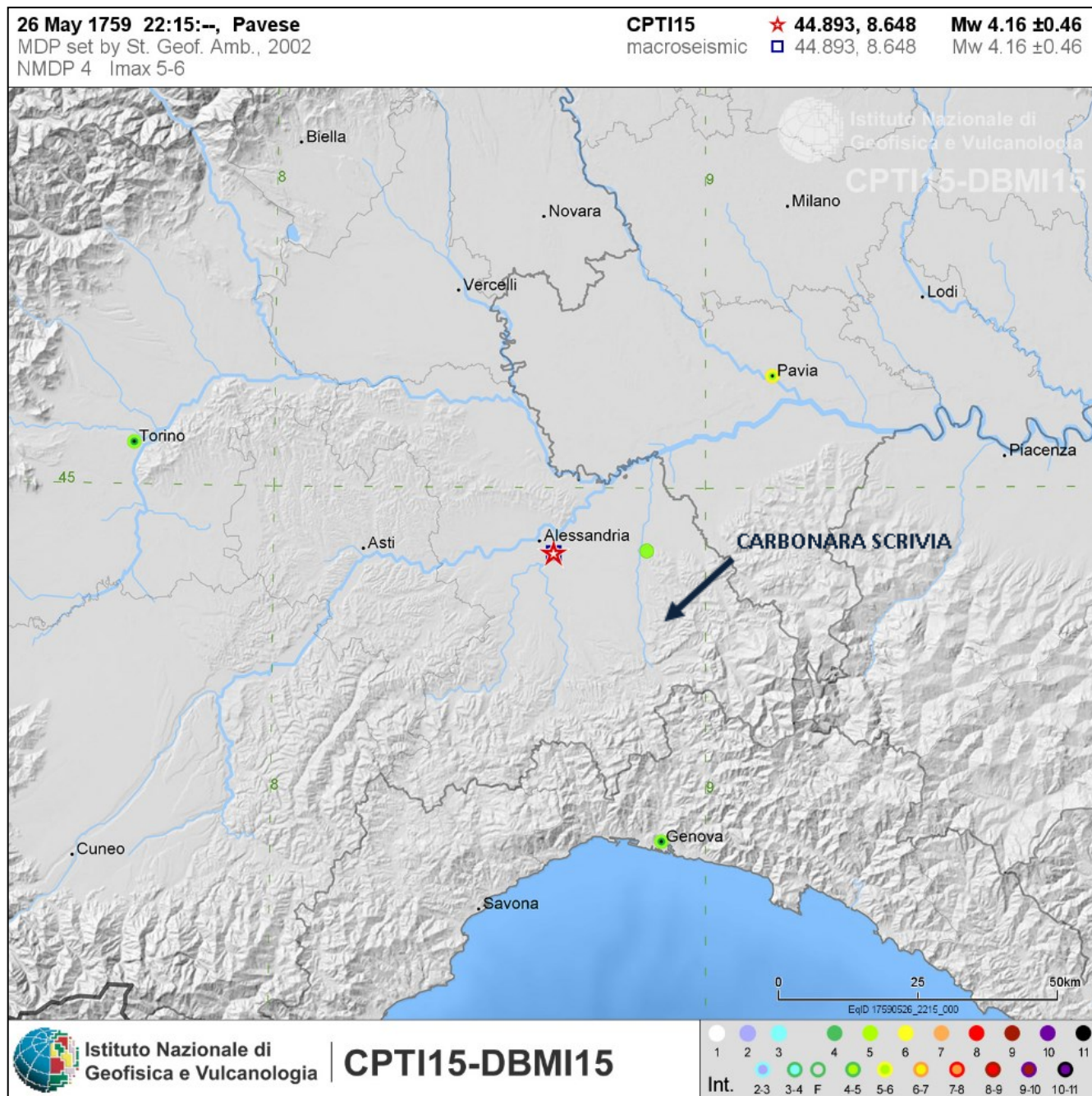


Figura 6 - Evento sismico 1759 relativo alla località "Pavese" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

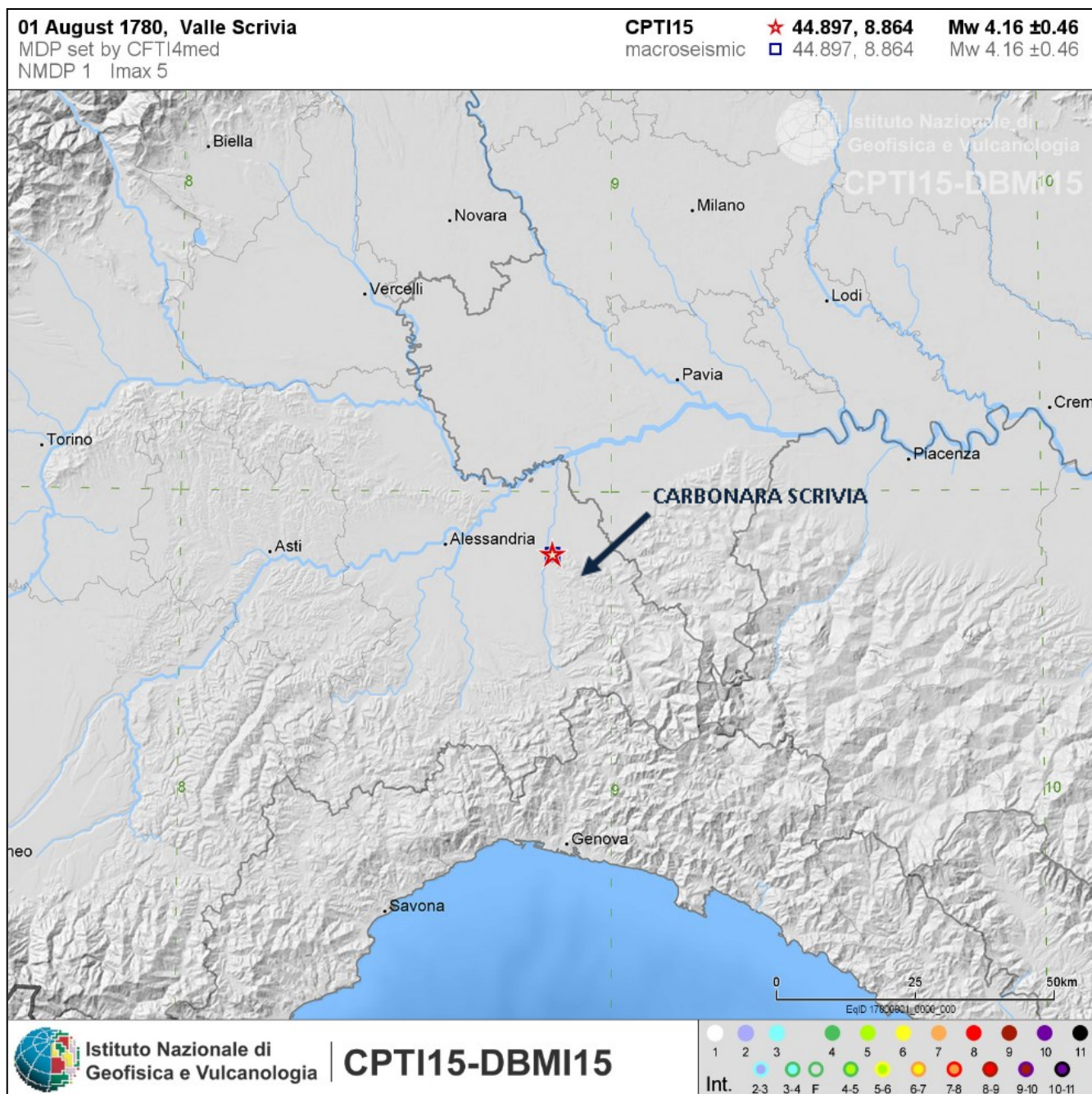


Figura 7 – Evento sismico 01 Agosto 1780 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

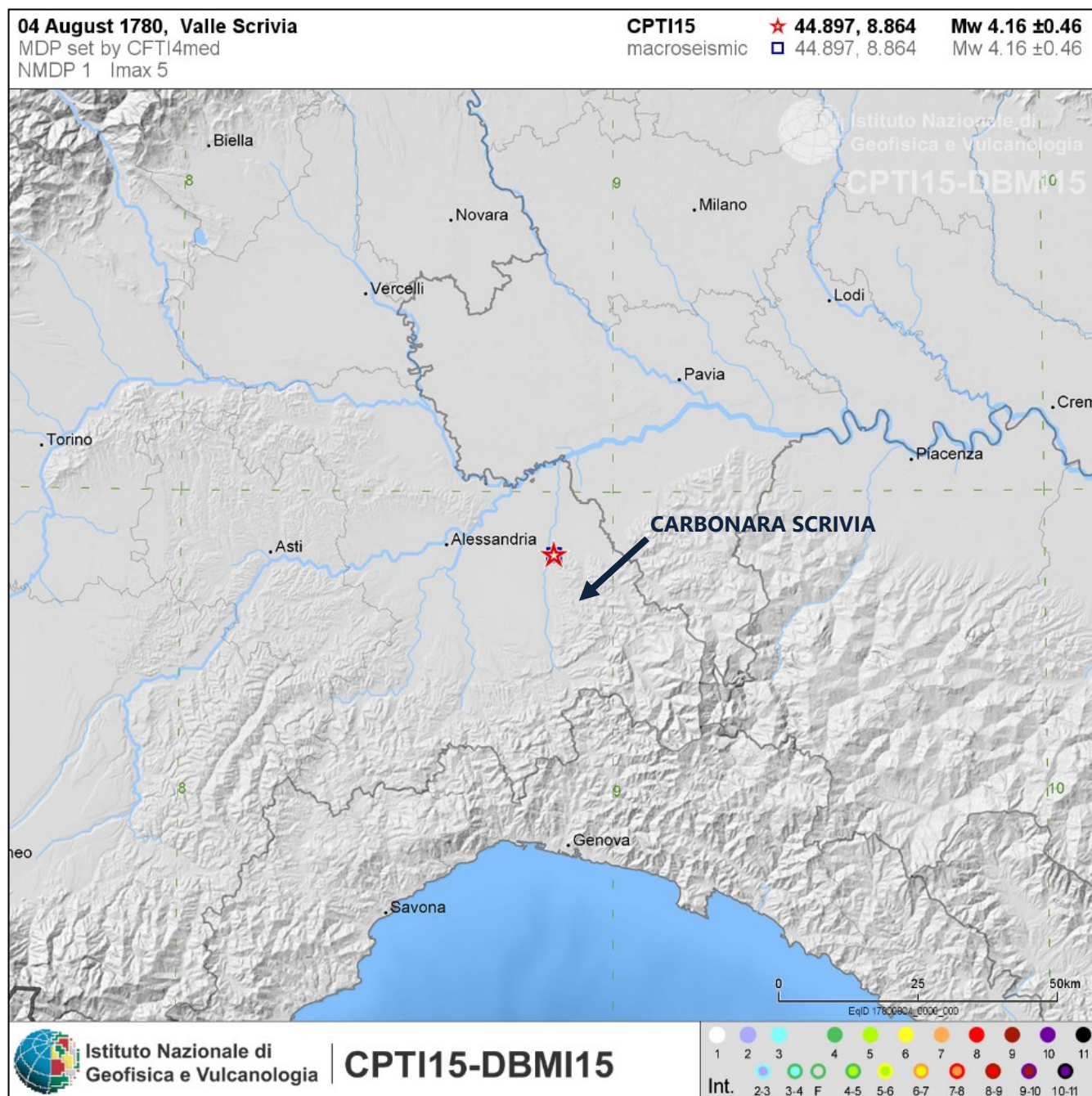


Figura 8 – Evento sismico 04 Agosto 1780 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

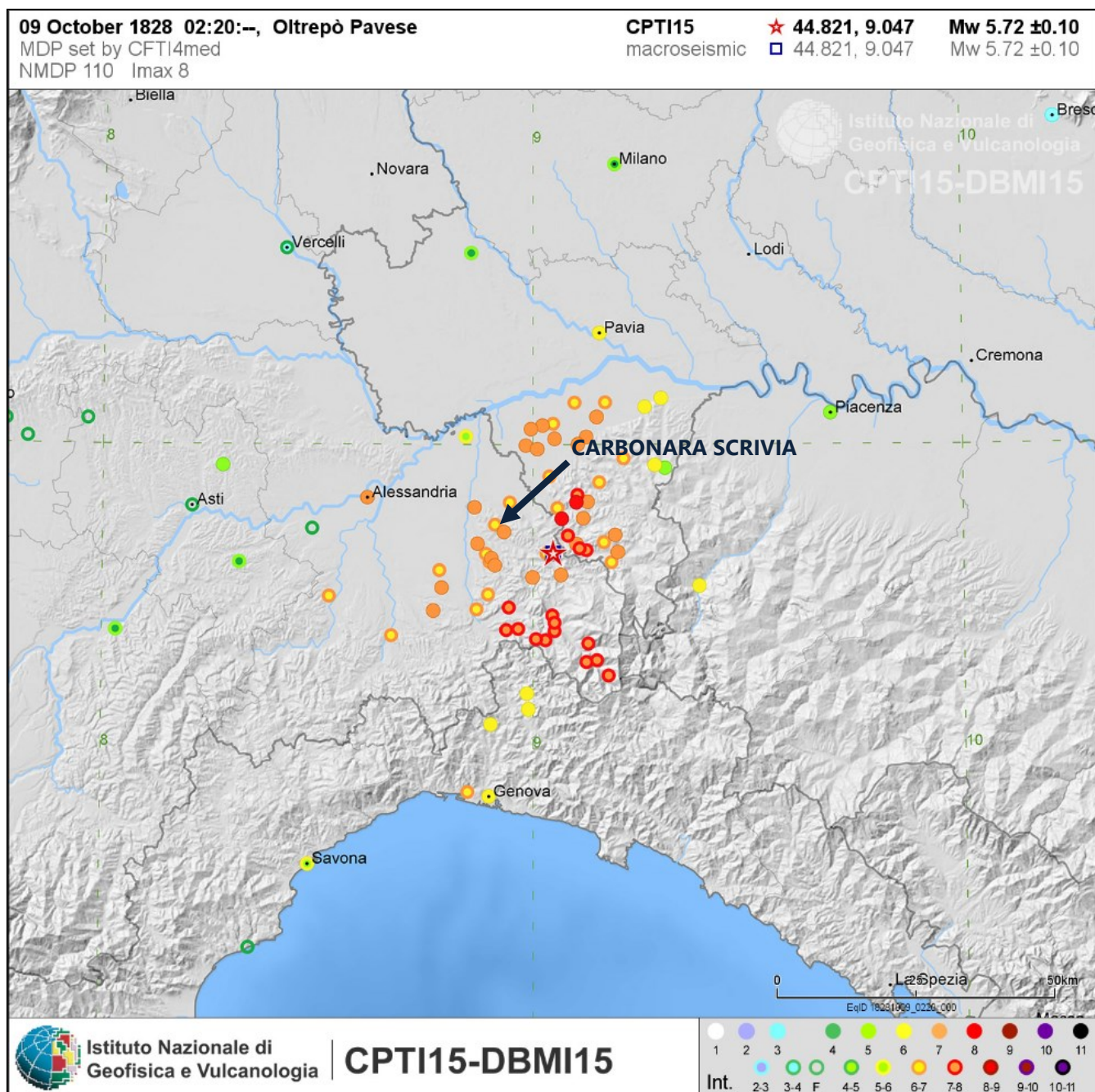


Figura 9 – Evento sismico 1828 relativo alla località “Oltrepò Pavese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

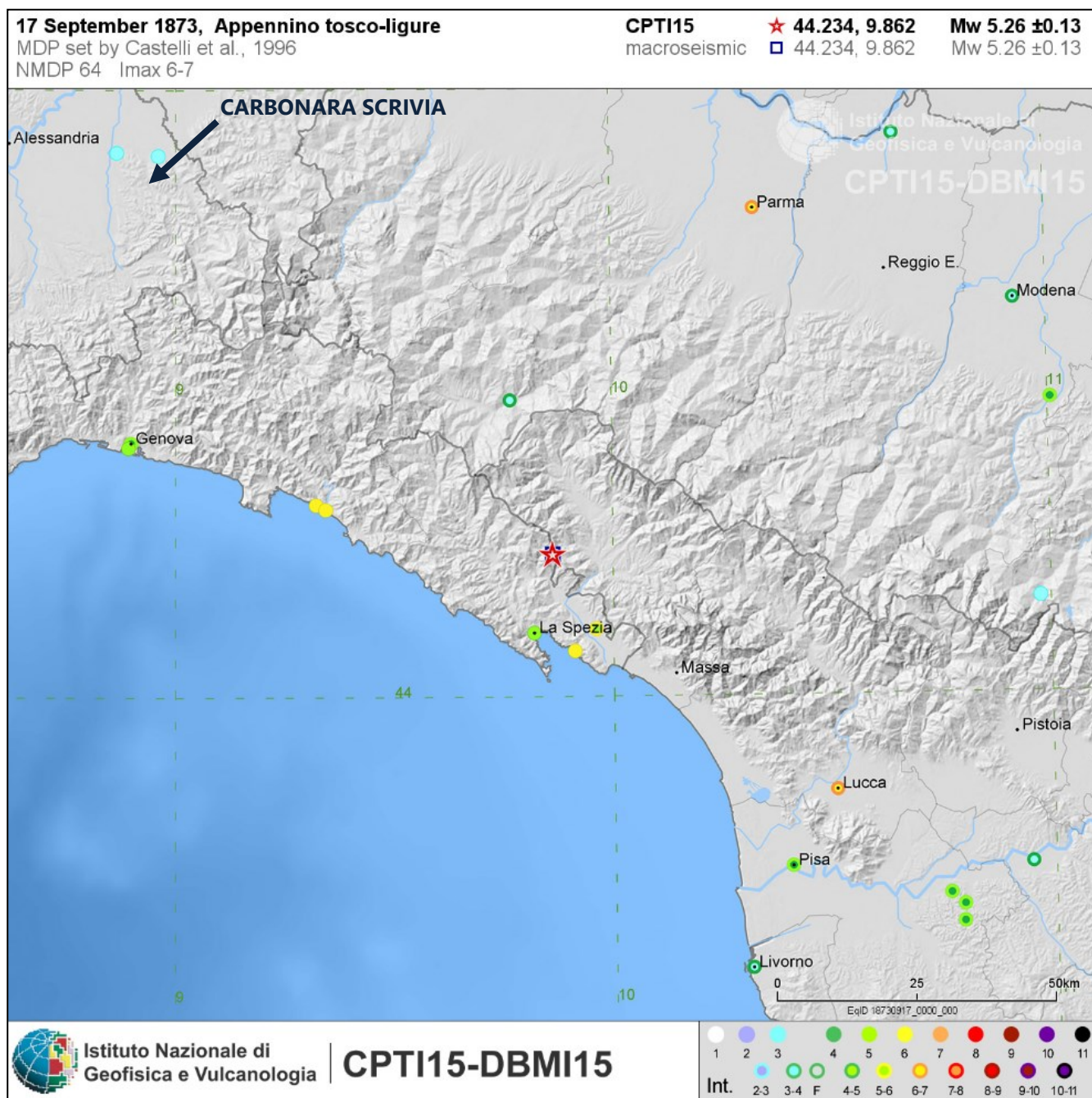


Figura 10 – Evento sismico 1873 relativo alla località “Appennino tosco ligure” – Estratto database macrosismico DBMI15
– Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

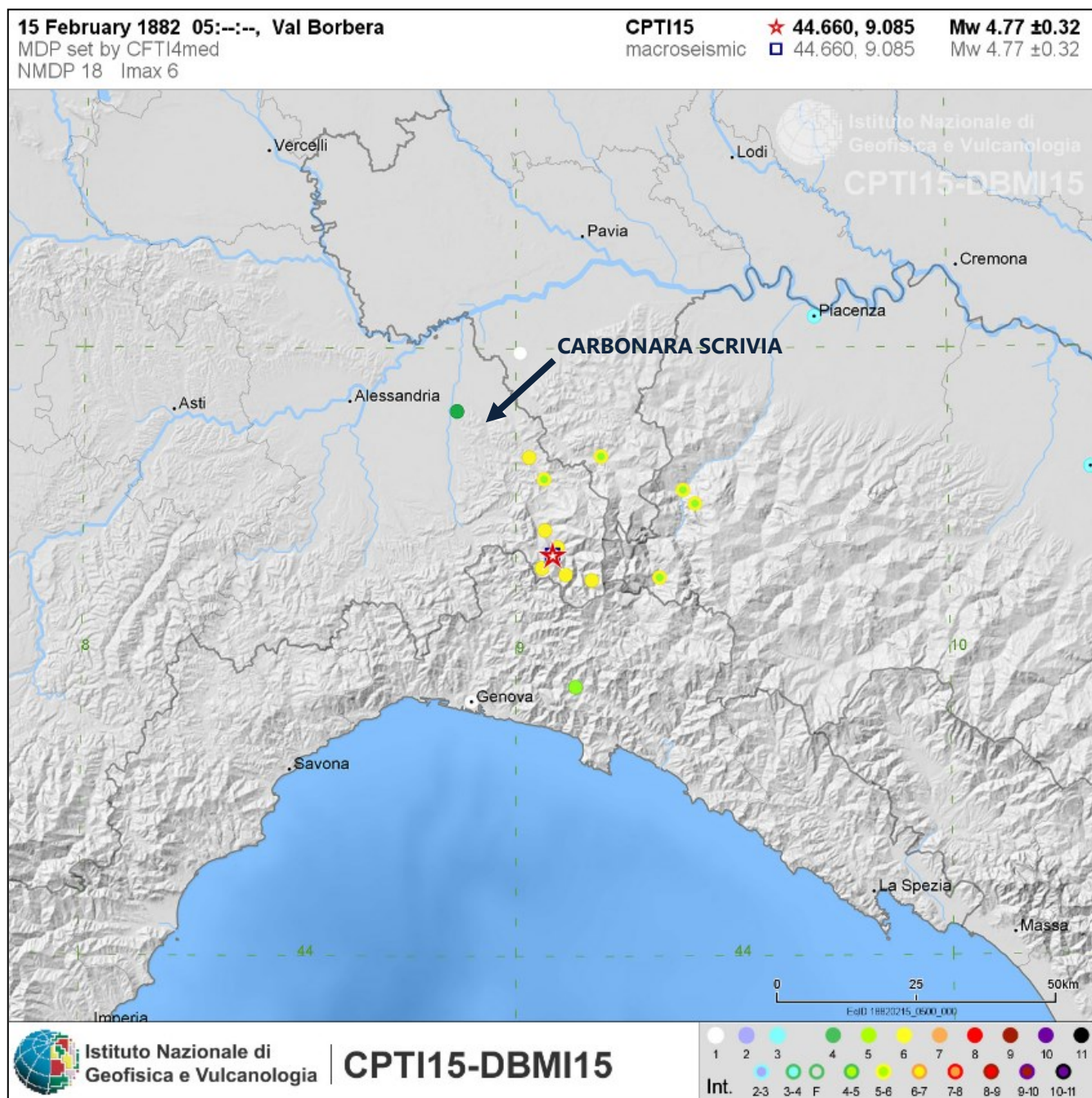


Figura 11 – Evento sismico 1882 relativo alla località “Val Borbera” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

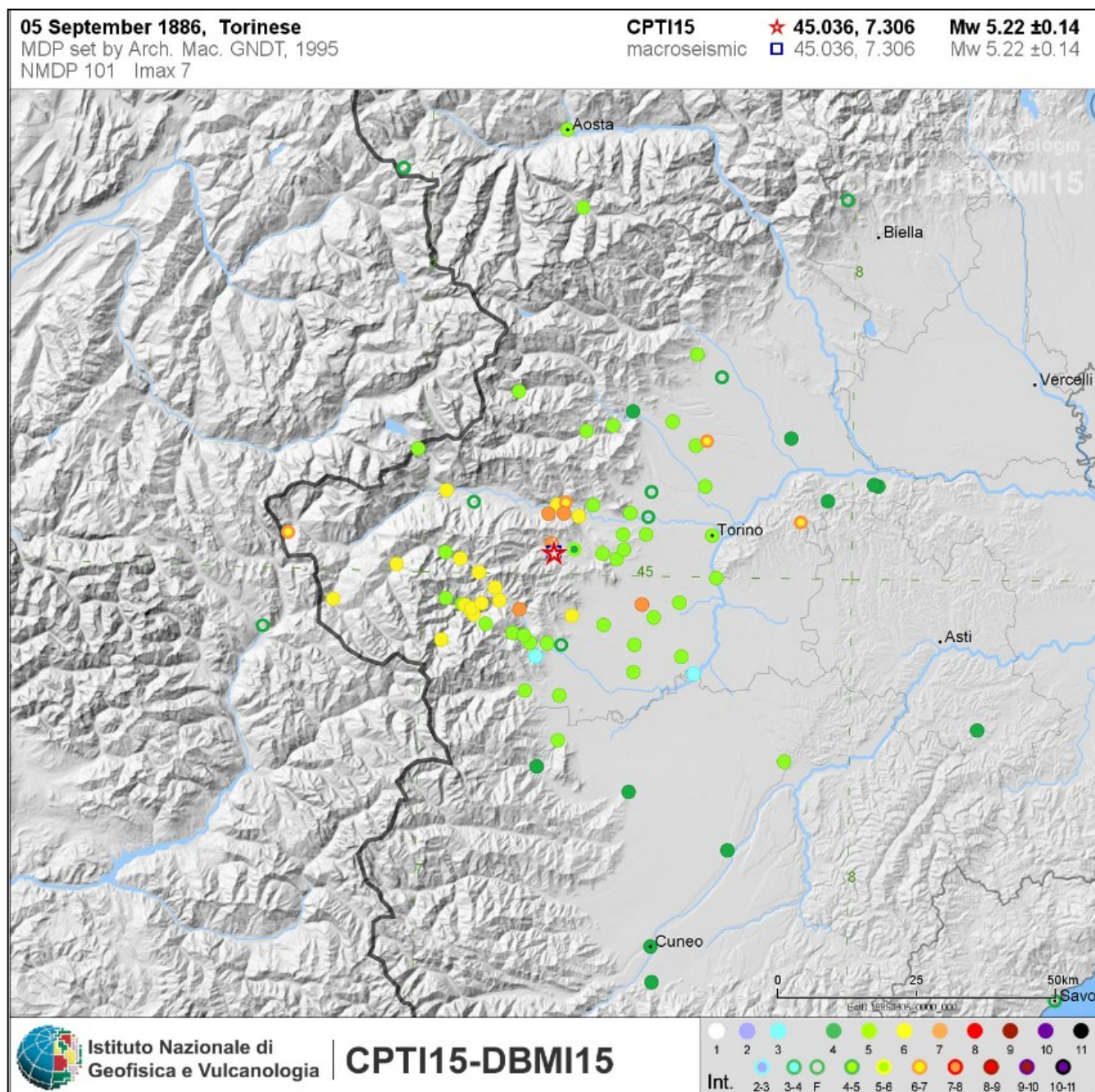


Figura 12 - Evento sismico 1886 relativo alla località "Torinese" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

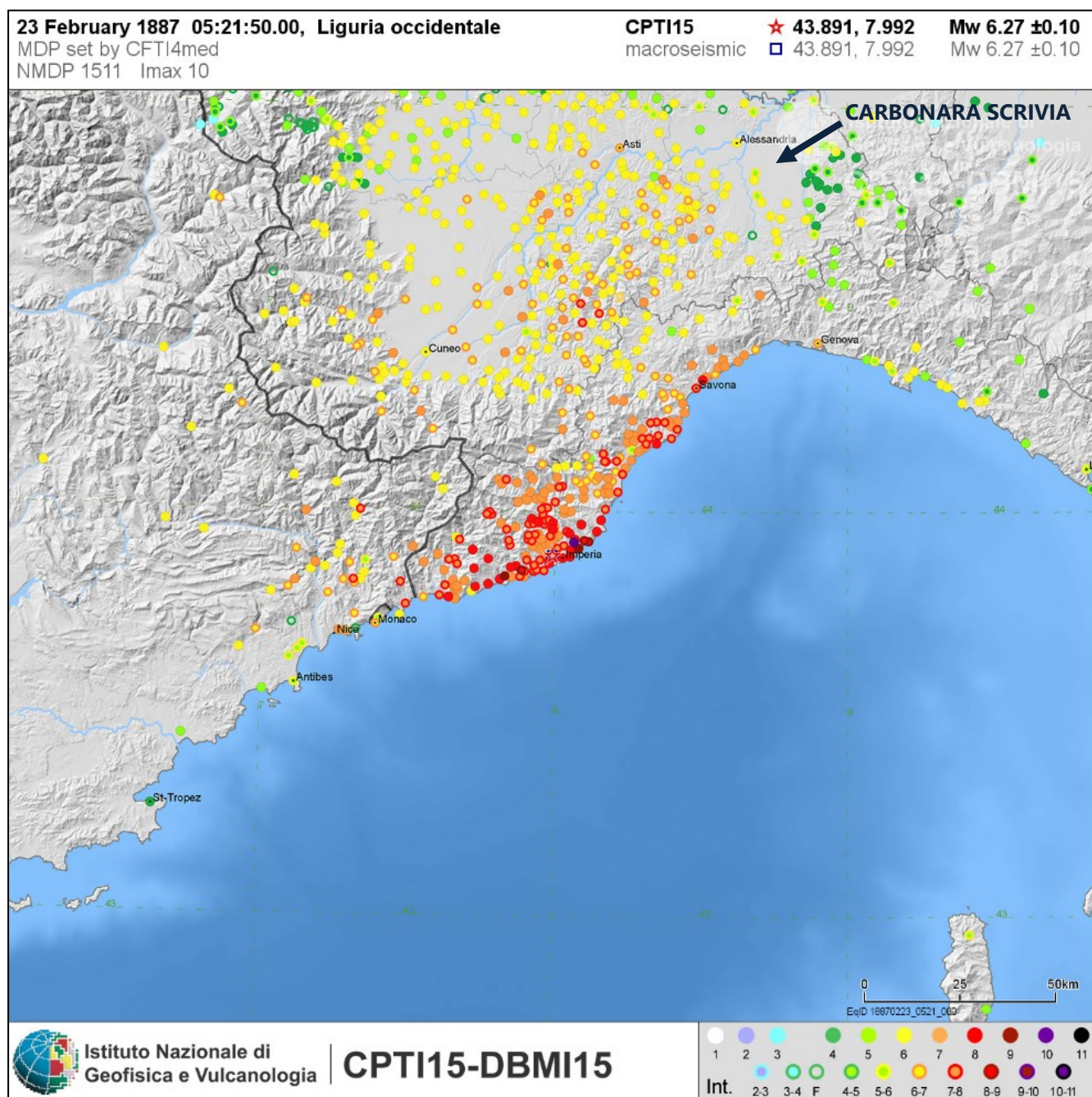


Figura 13 - Evento sismico 1887 relativo alla località "Liguria occidentale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

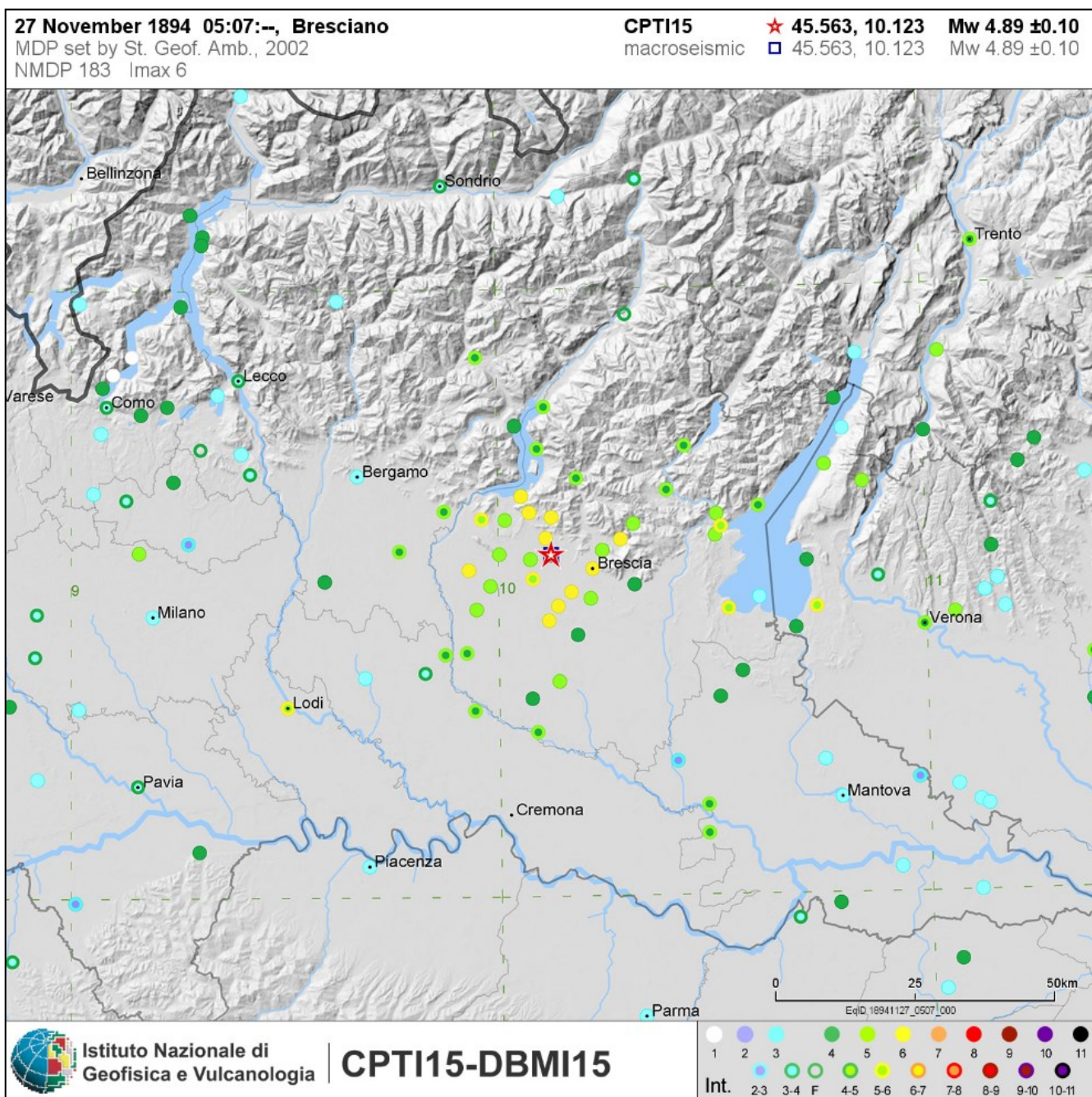


Figura 14 - Evento sismico 1894 relativo alla località "Bresciano" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

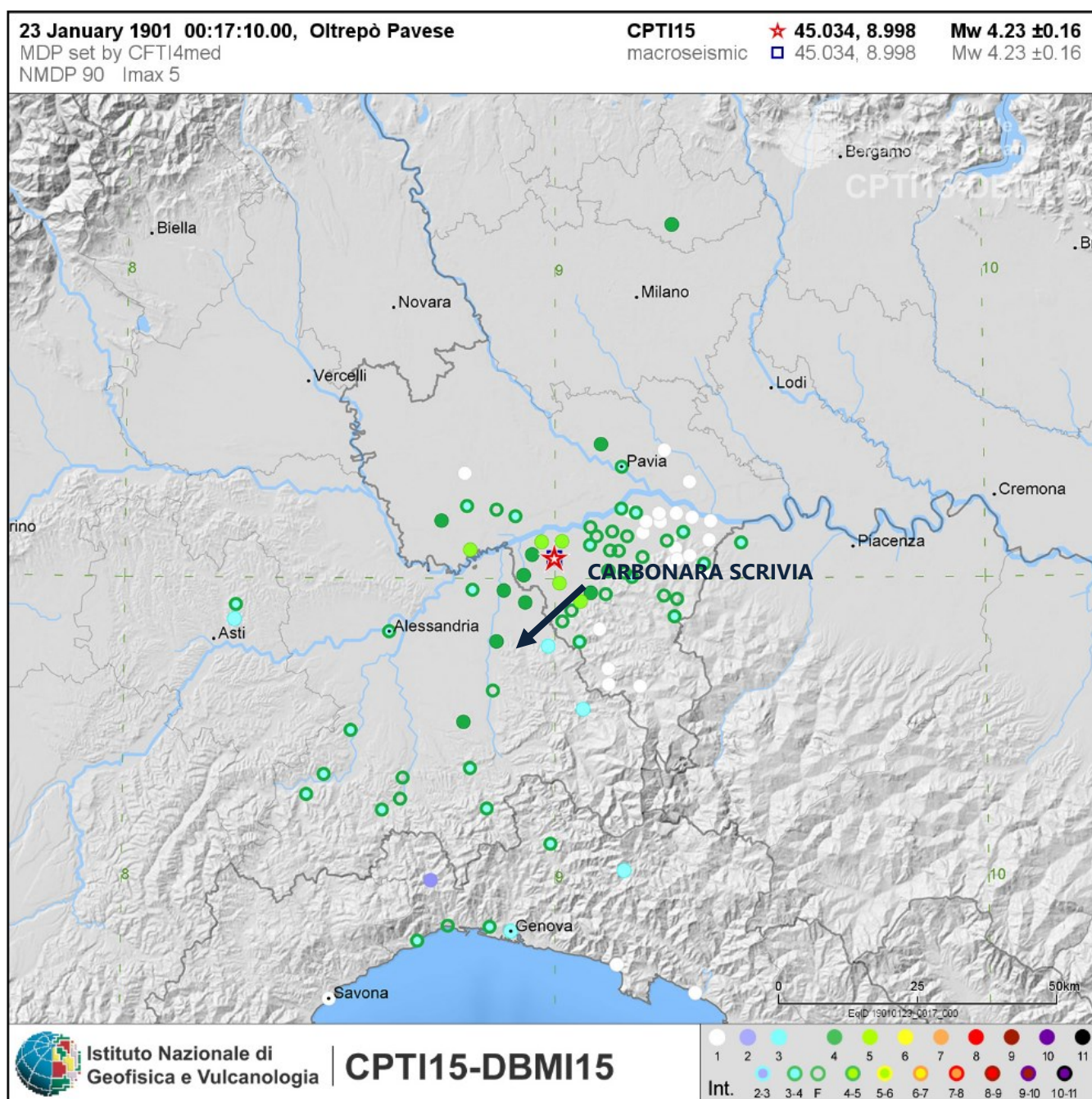


Figura 15 - Evento sismico 1901 relativo alla località "Oltrepò Pavese" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

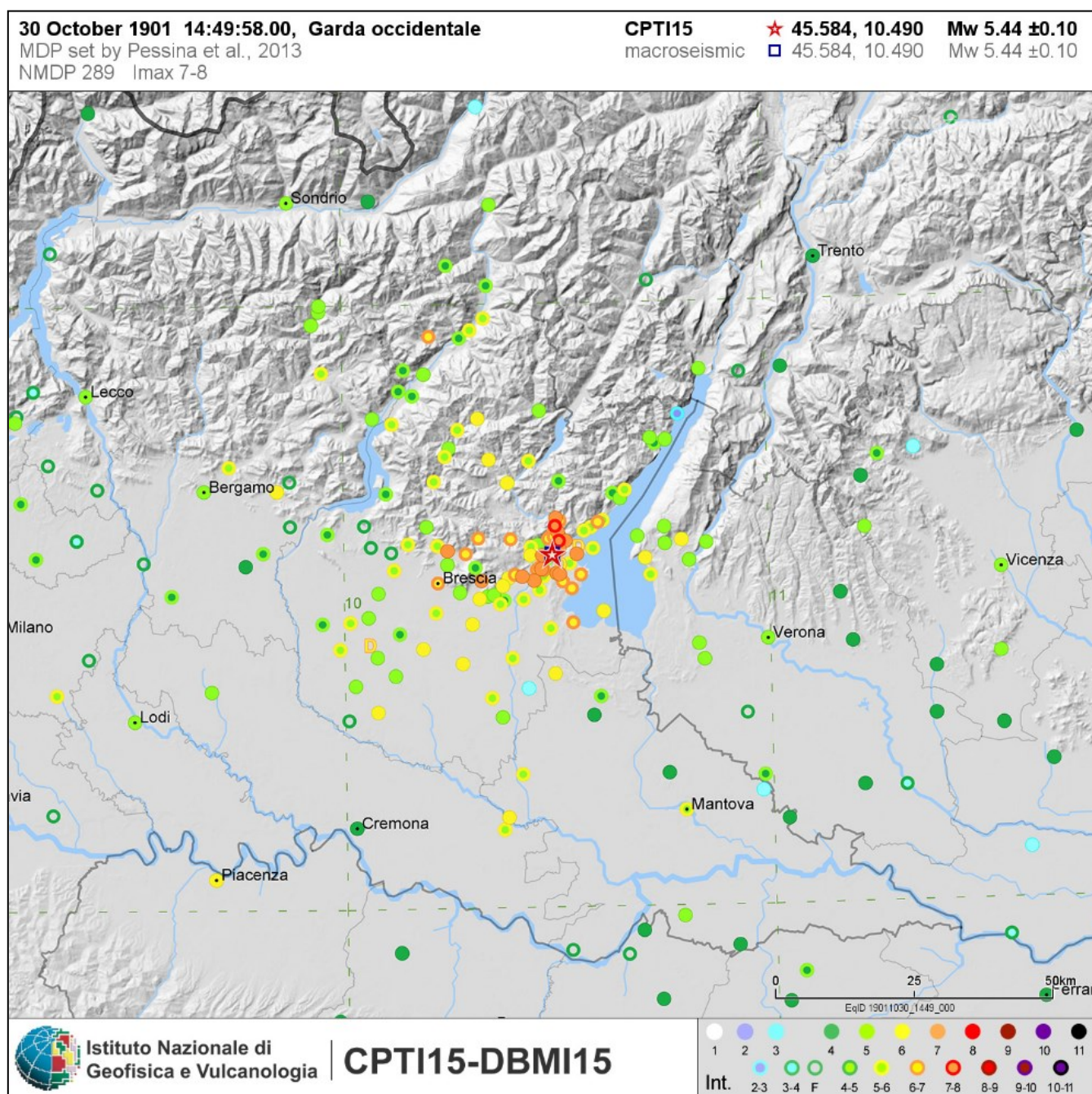


Figura 16 – Evento sismico 1901 relativo alla località “Garda occidentale” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

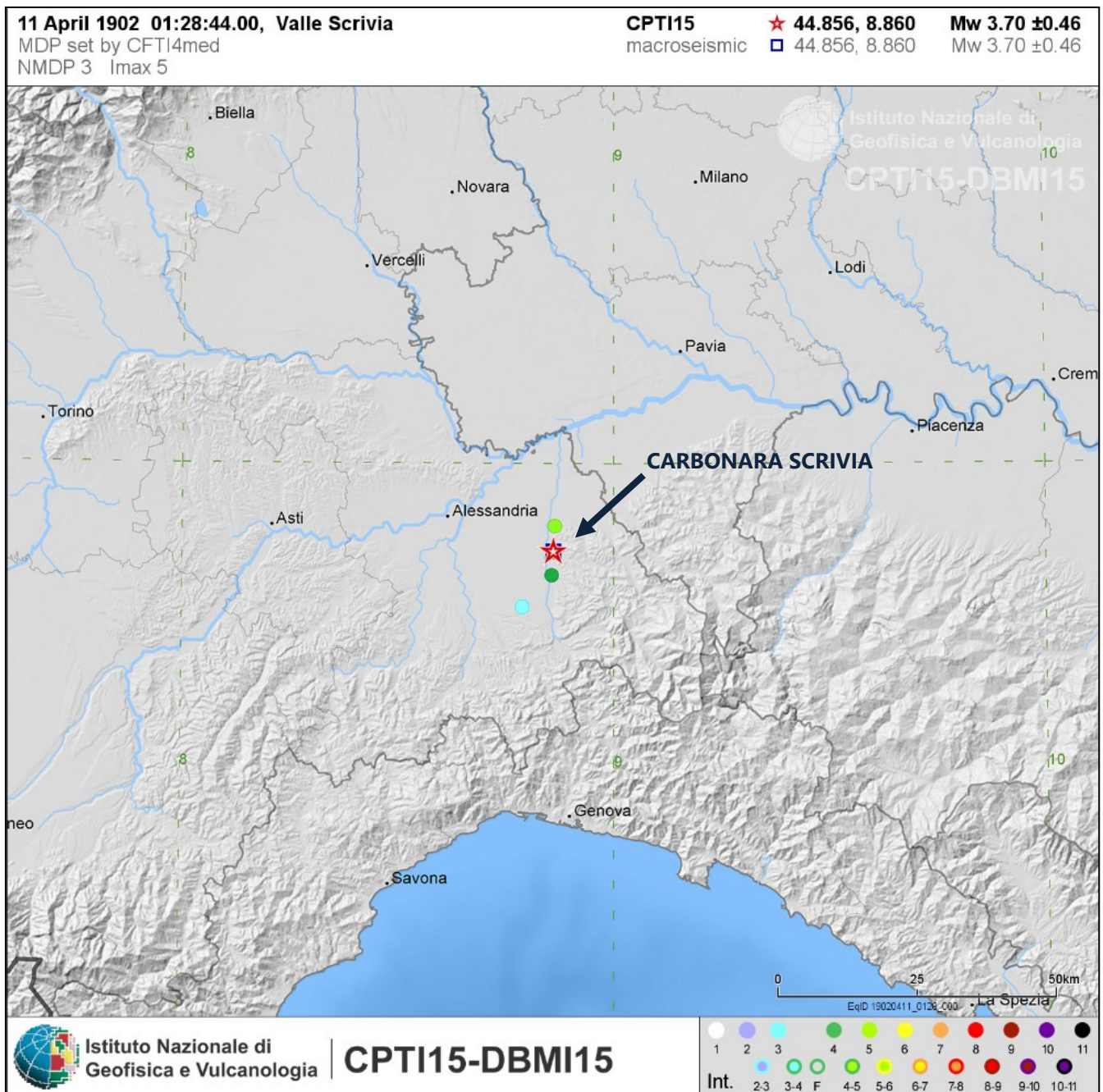


Figura 17 – Evento sismico 1902 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

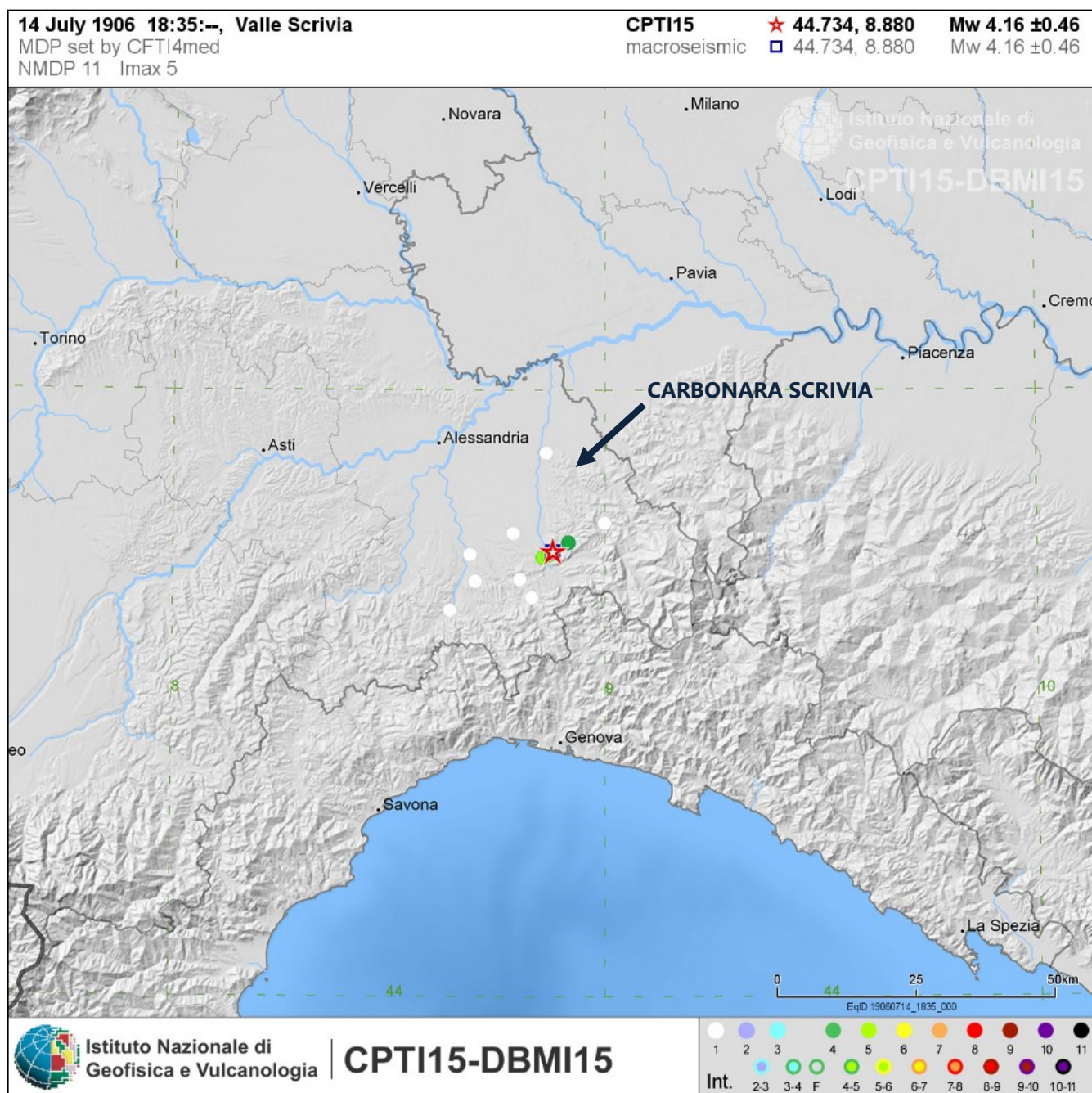


Figura 18 – Evento sismico 1906 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

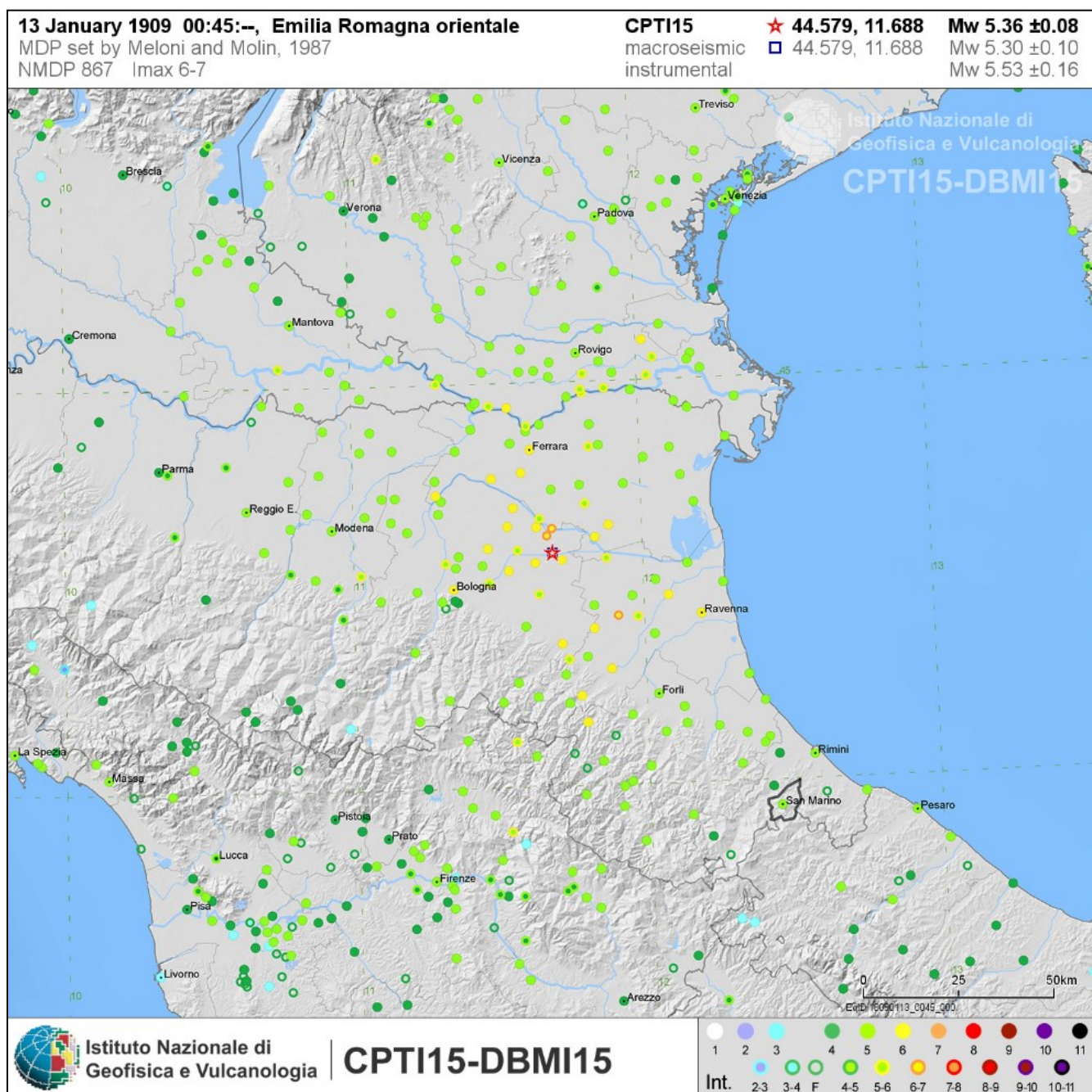


Figura 19 - Evento sismico 1909 relativo alla località "Emilia Romagna orientale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

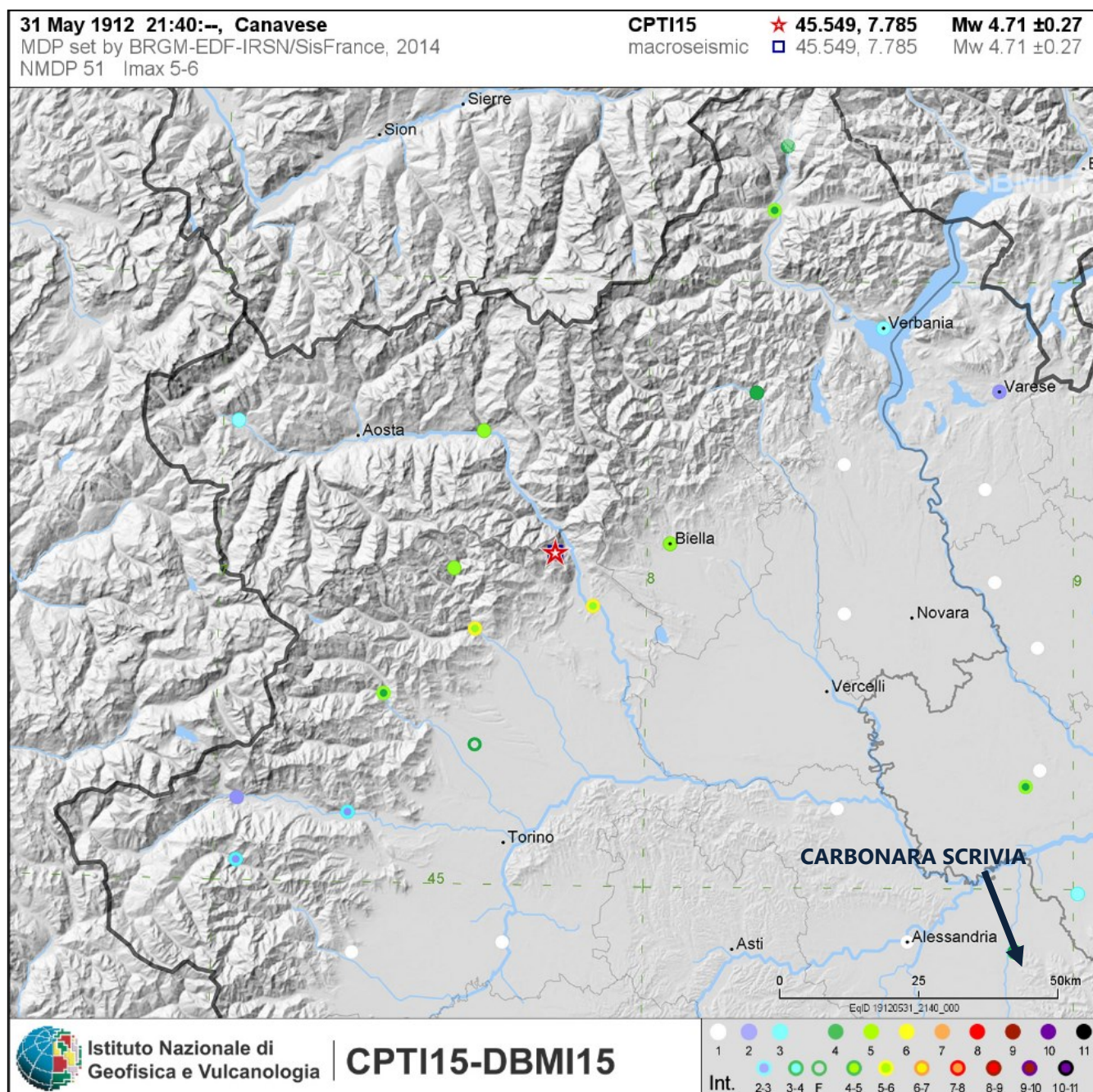


Figura 20 - Evento sismico 1912 relativo alla località "Canavese" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

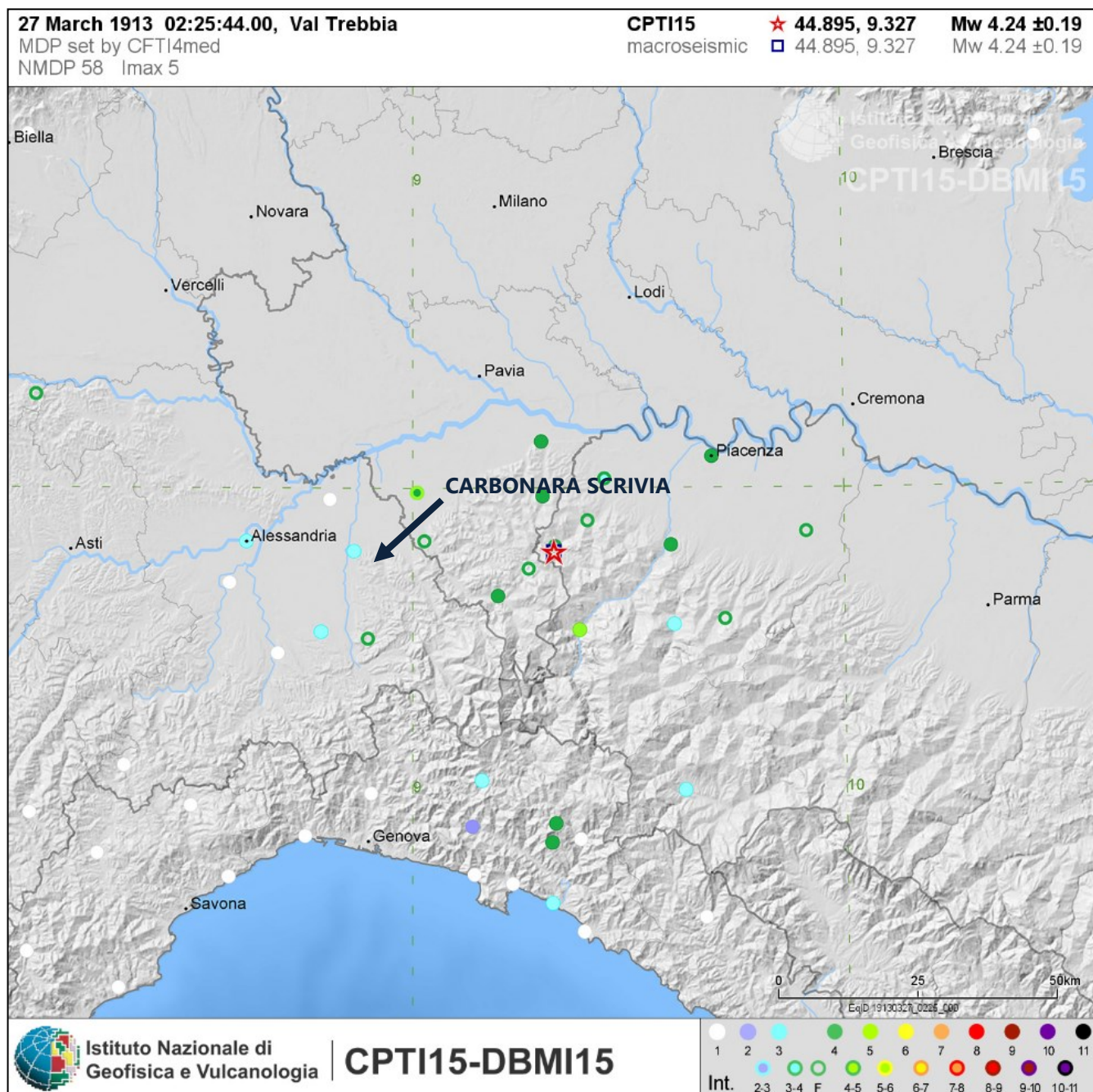


Figura 21 – Evento sismico 1913 relativo alla località “Val Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

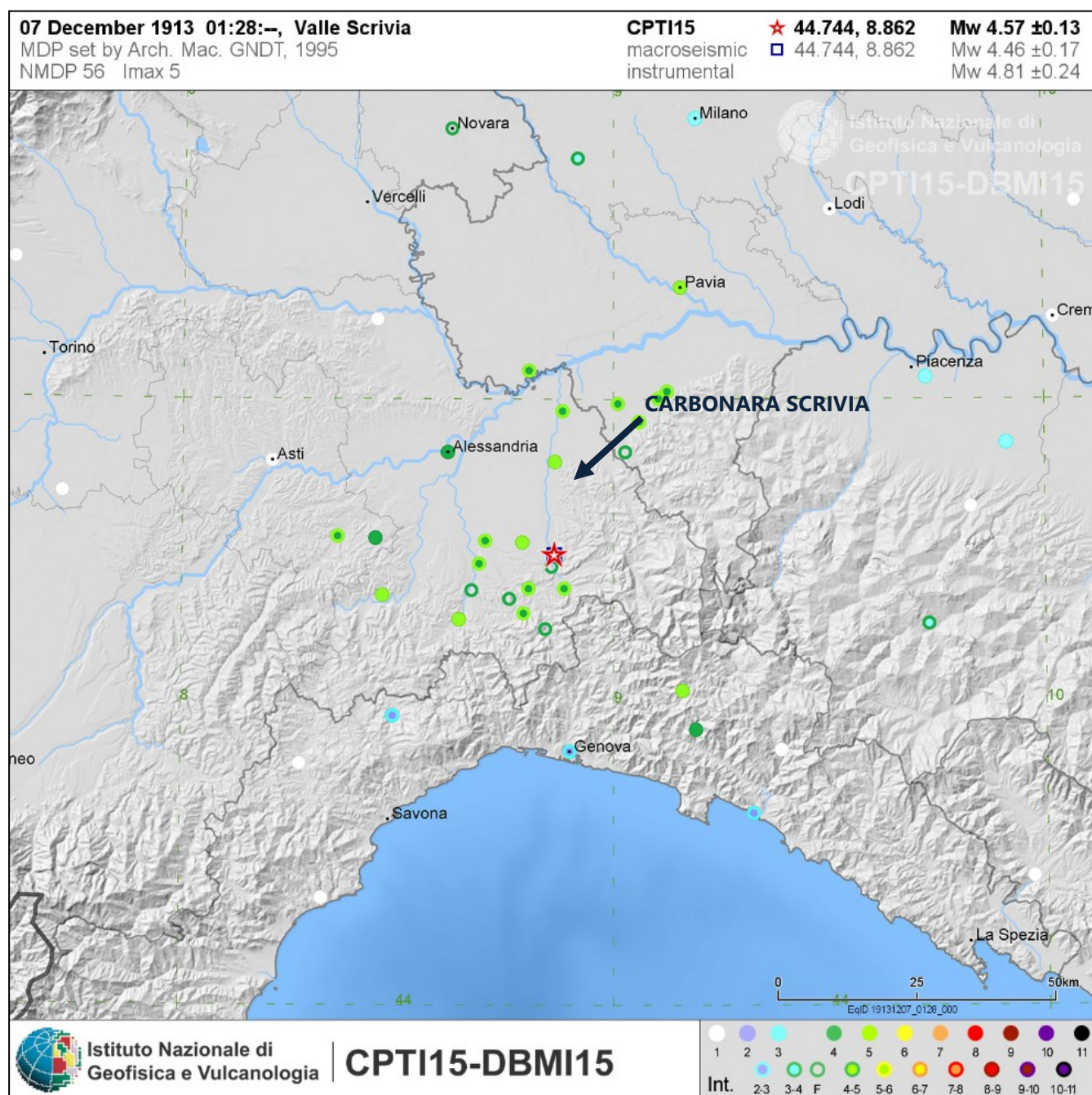


Figura 22 – Evento sismico 1913 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

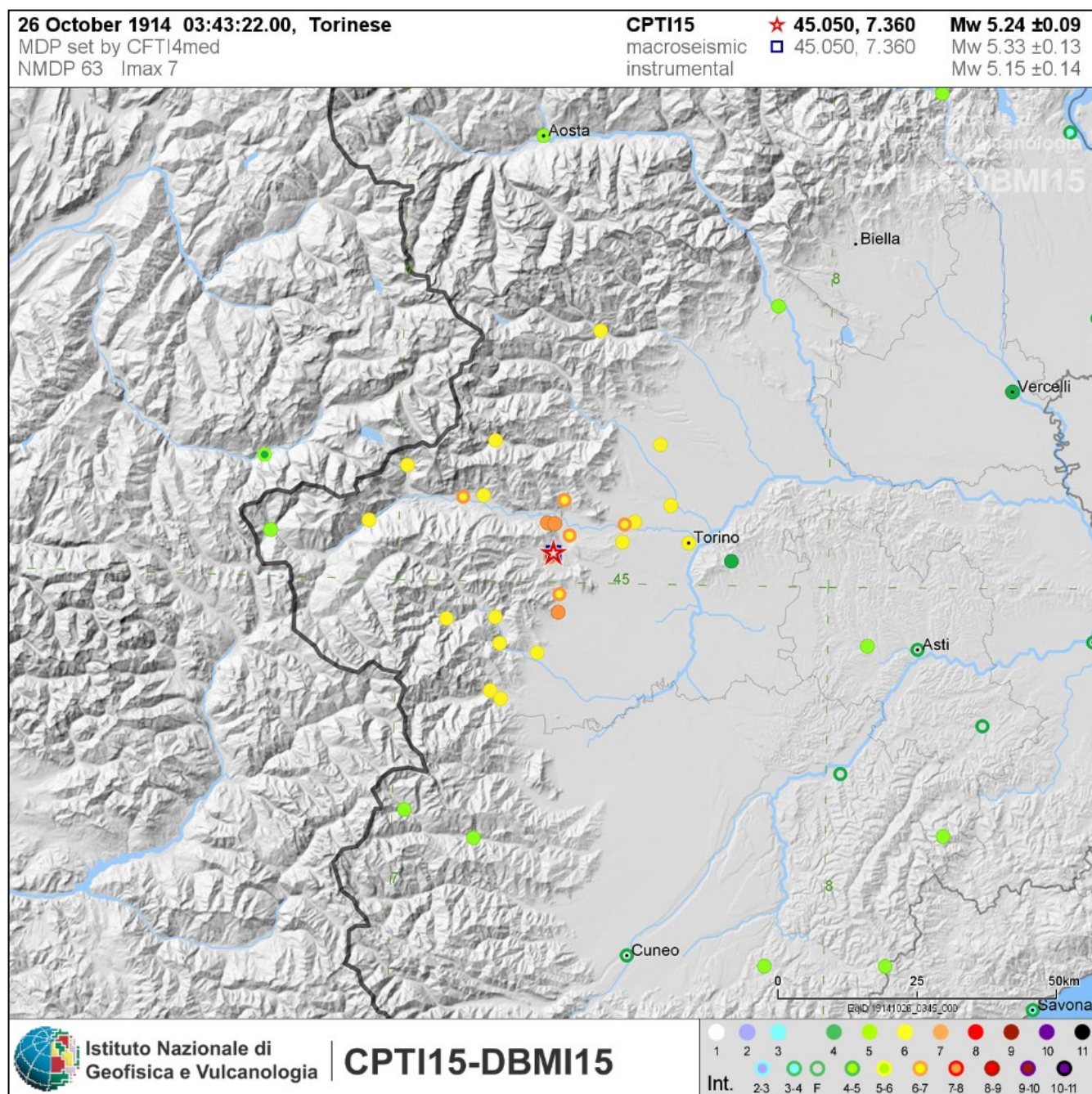


Figura 23 – Evento sismico 1914 relativo alla località “Torinese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

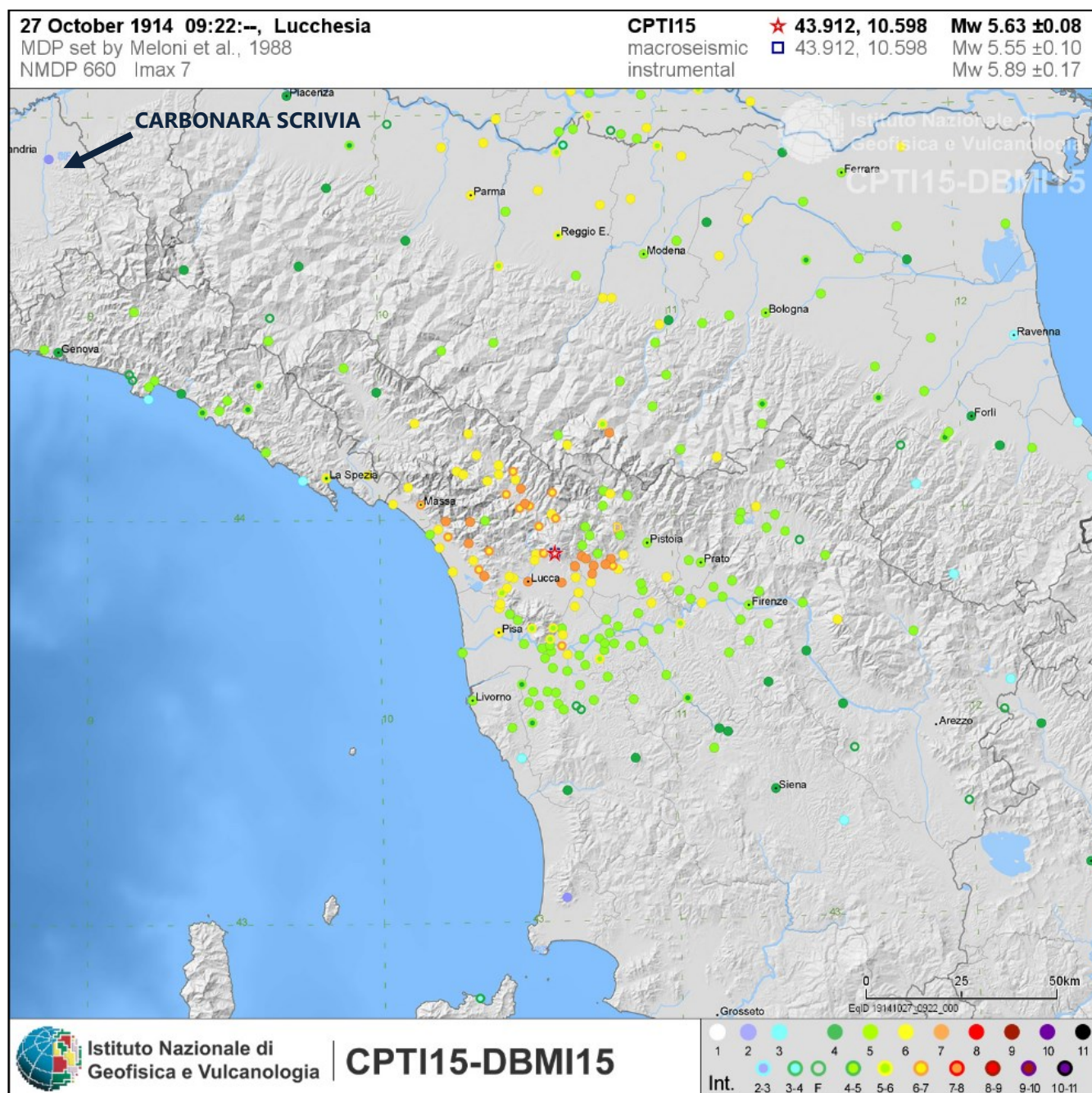


Figura 24 - Evento sismico 1914 relativo alla località "Lucchesia" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

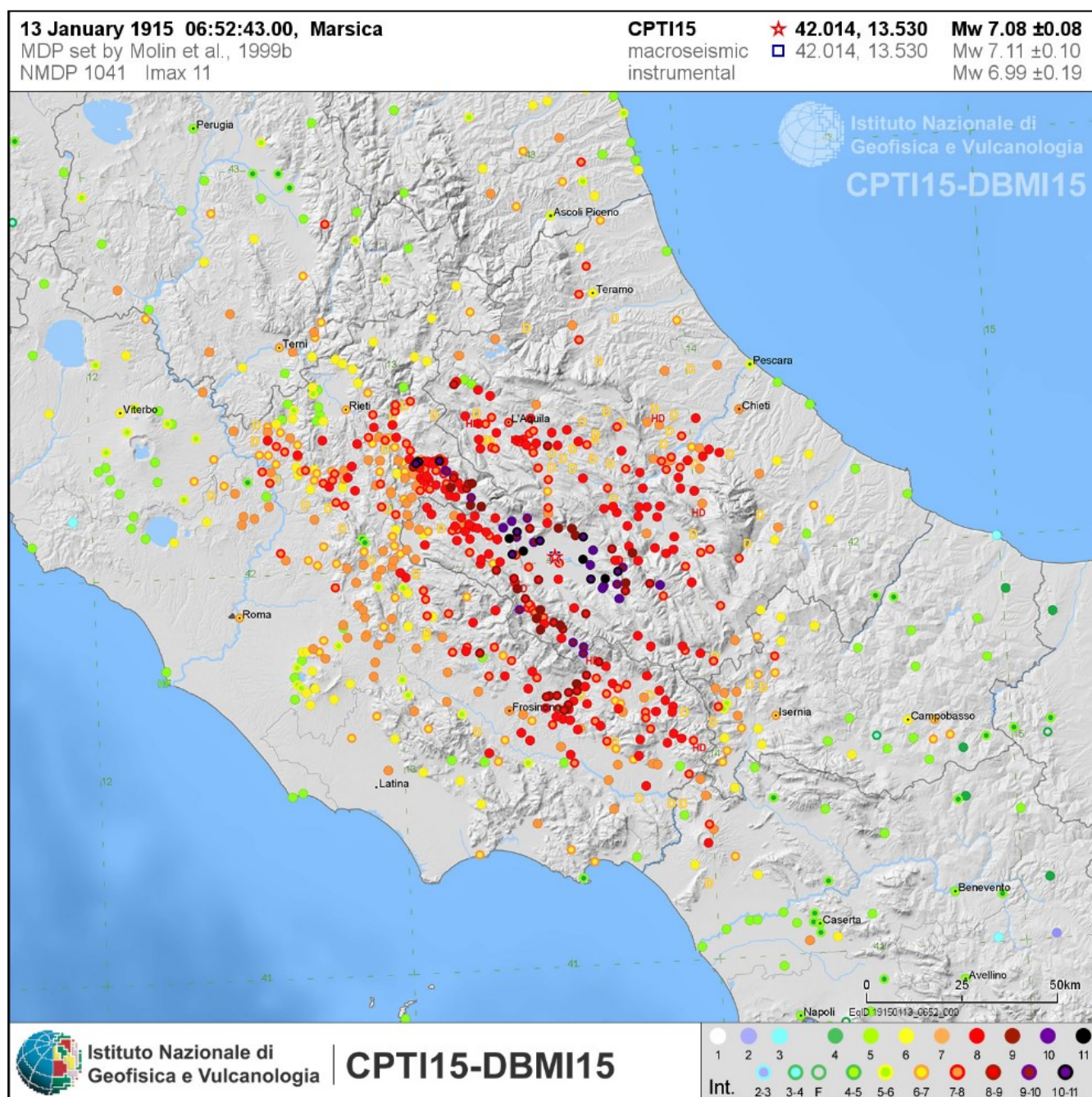


Figura 25 – Evento sismico 1915 relativo alla località “Marsica” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

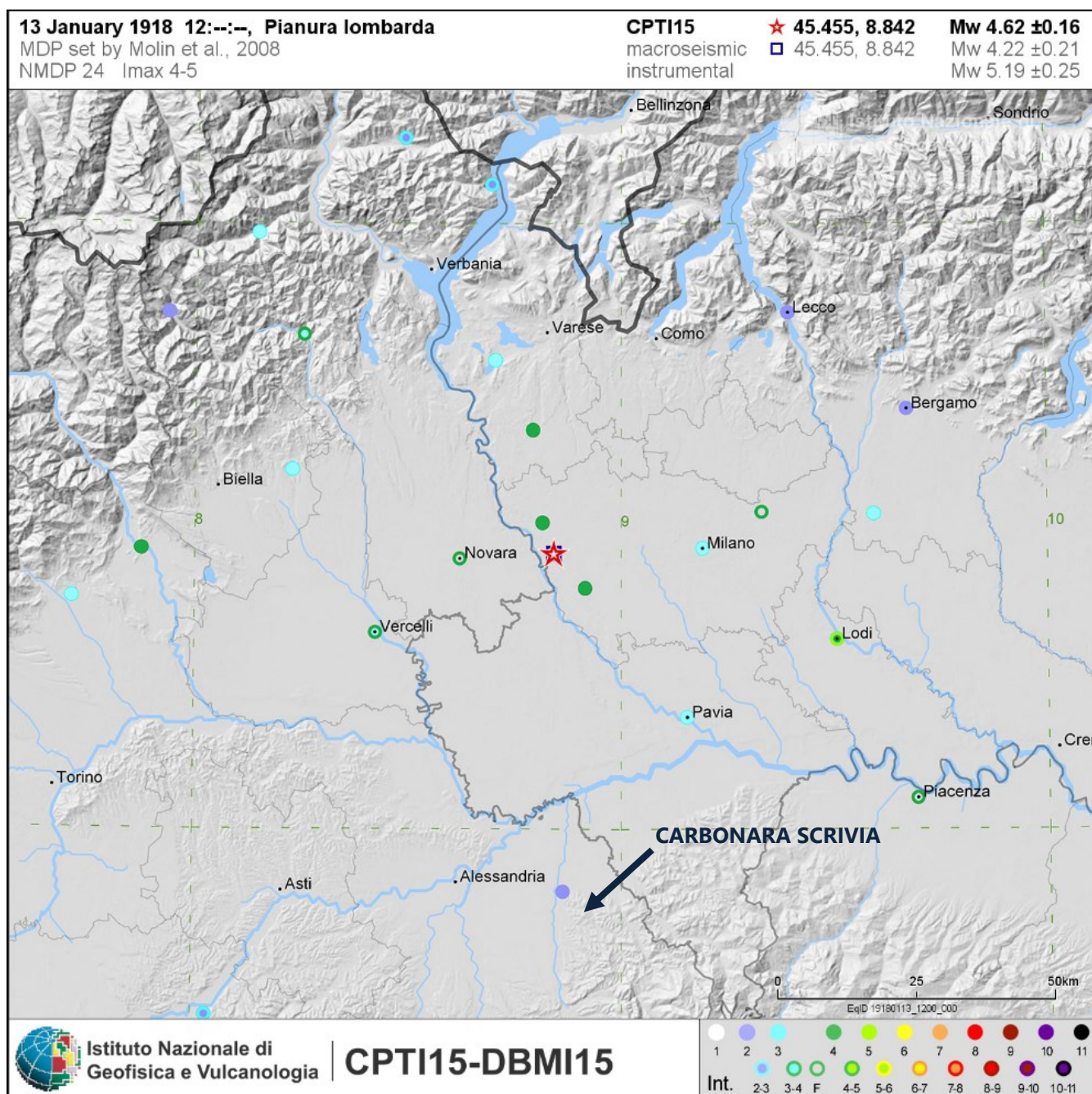


Figura 26 – Evento sismico 1918 relativo alla località “Pianura lombarda” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

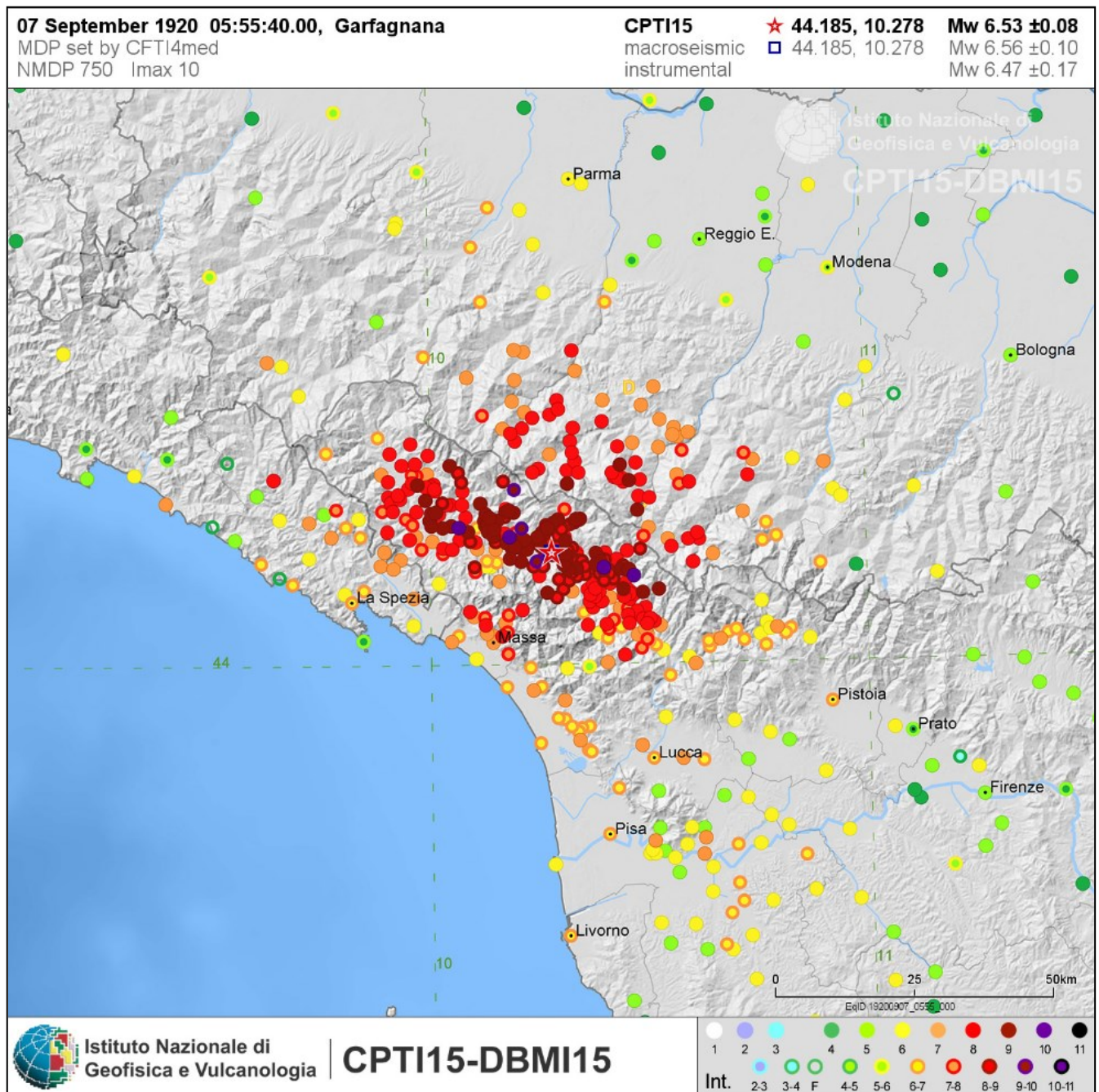


Figura 27 – Evento sismico 1920 relativo alla località “Garfagnana” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

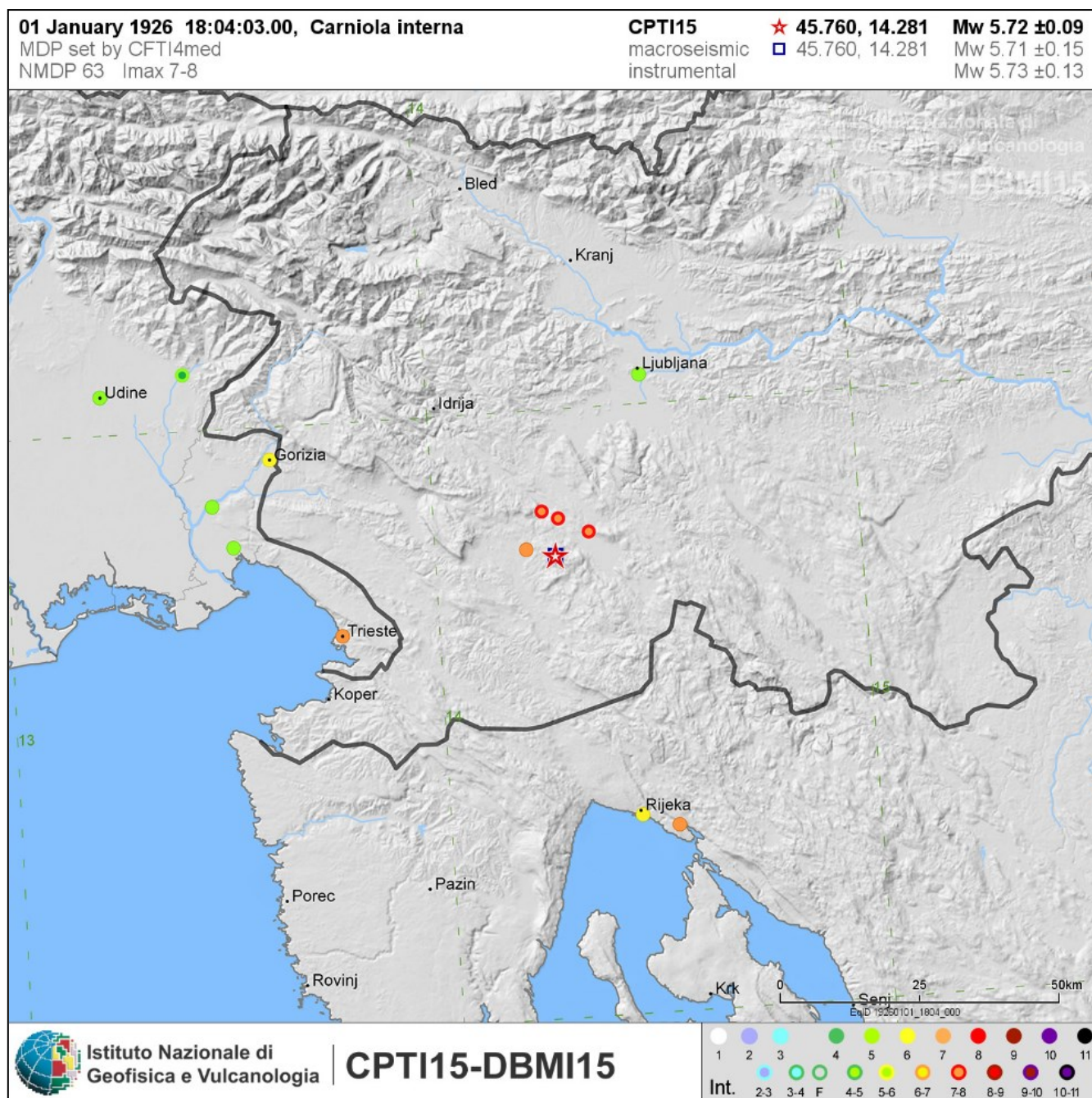


Figura 28 – Evento sismico 1926 relativo alla località “Carniola interna” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

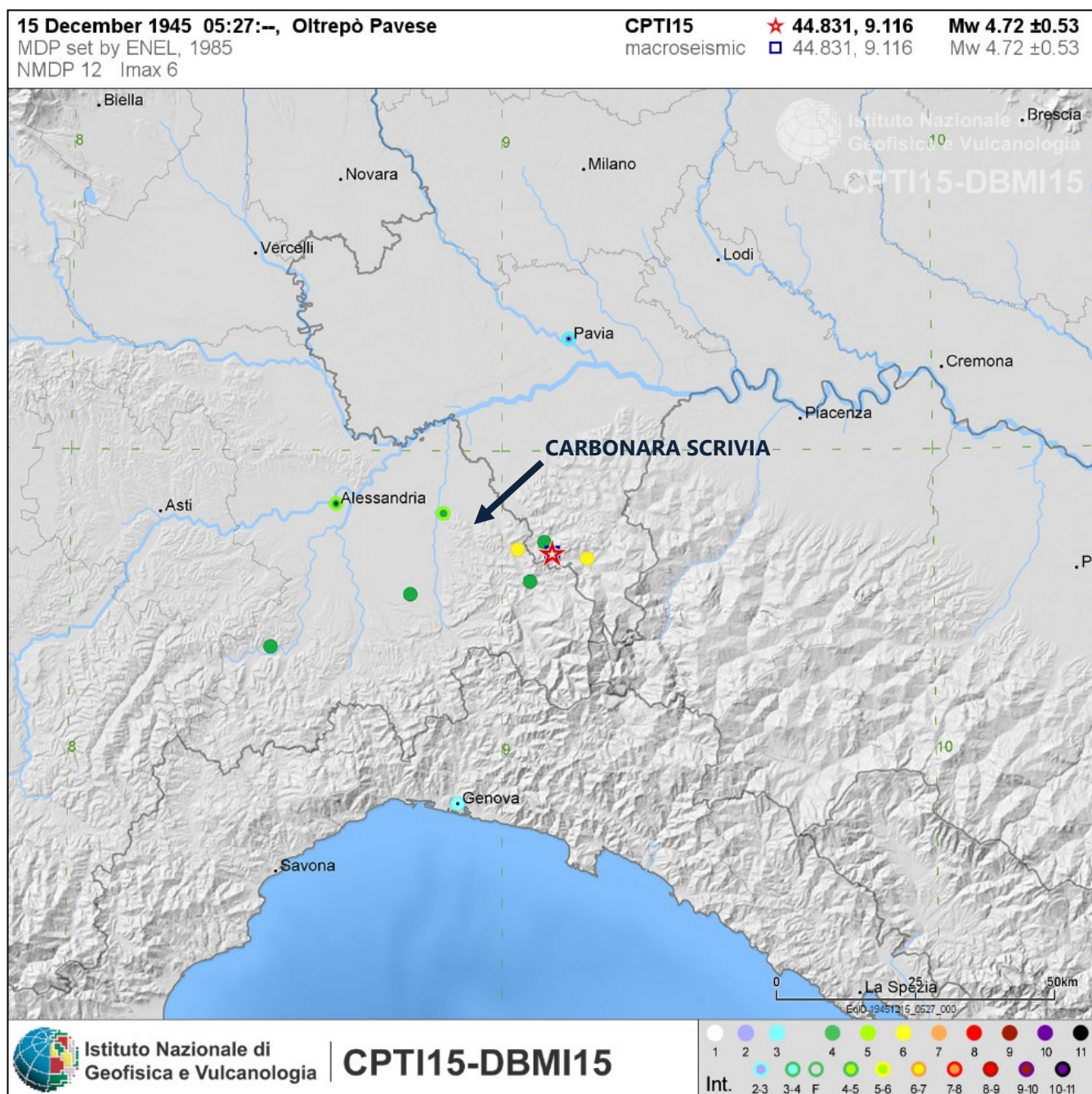


Figura 29 – Evento sismico 1945 relativo alla località “Oltrepò Pavese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

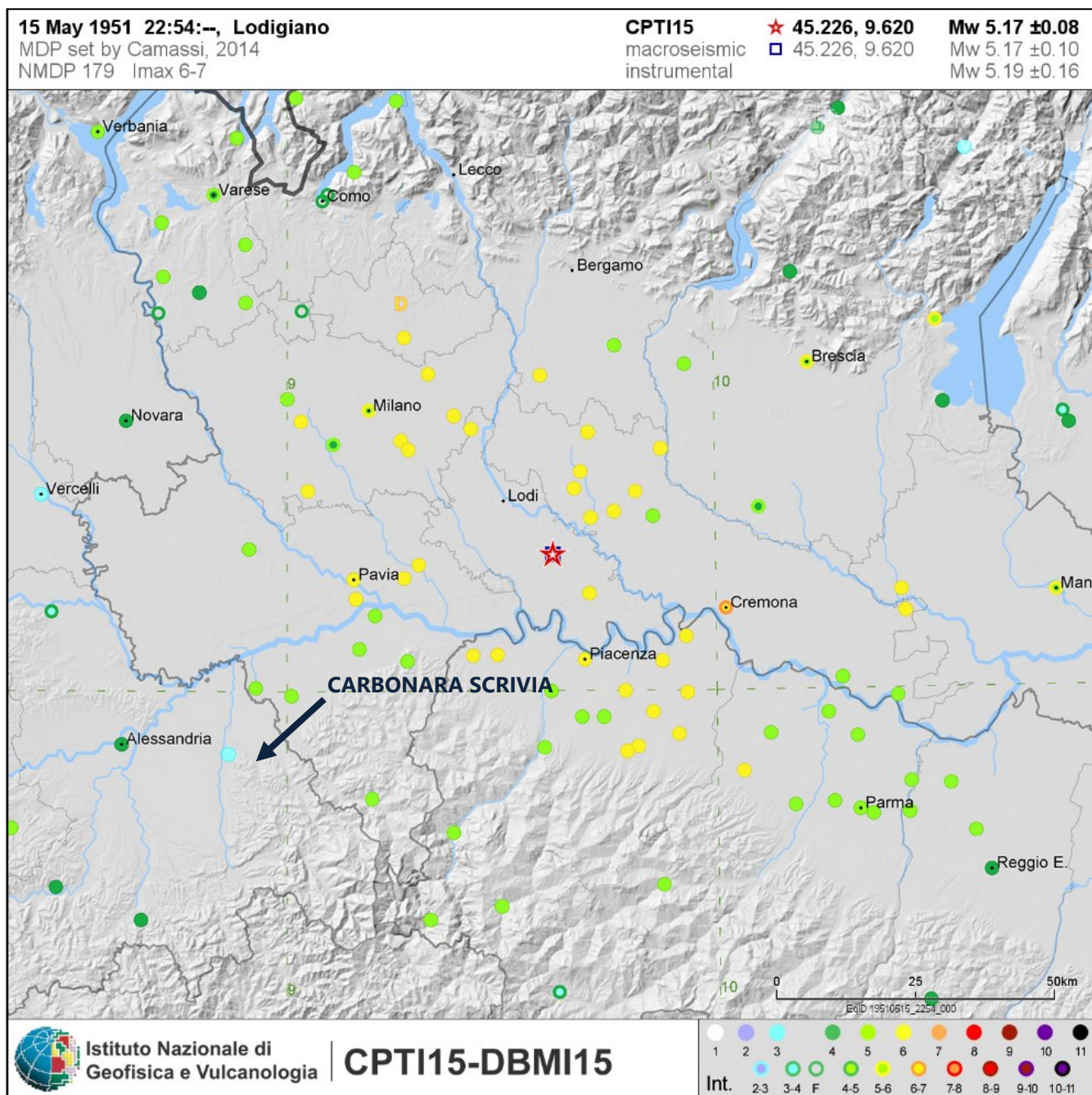


Figura 30 - Evento sismico 1951 relativo alla località "Lodigiano" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

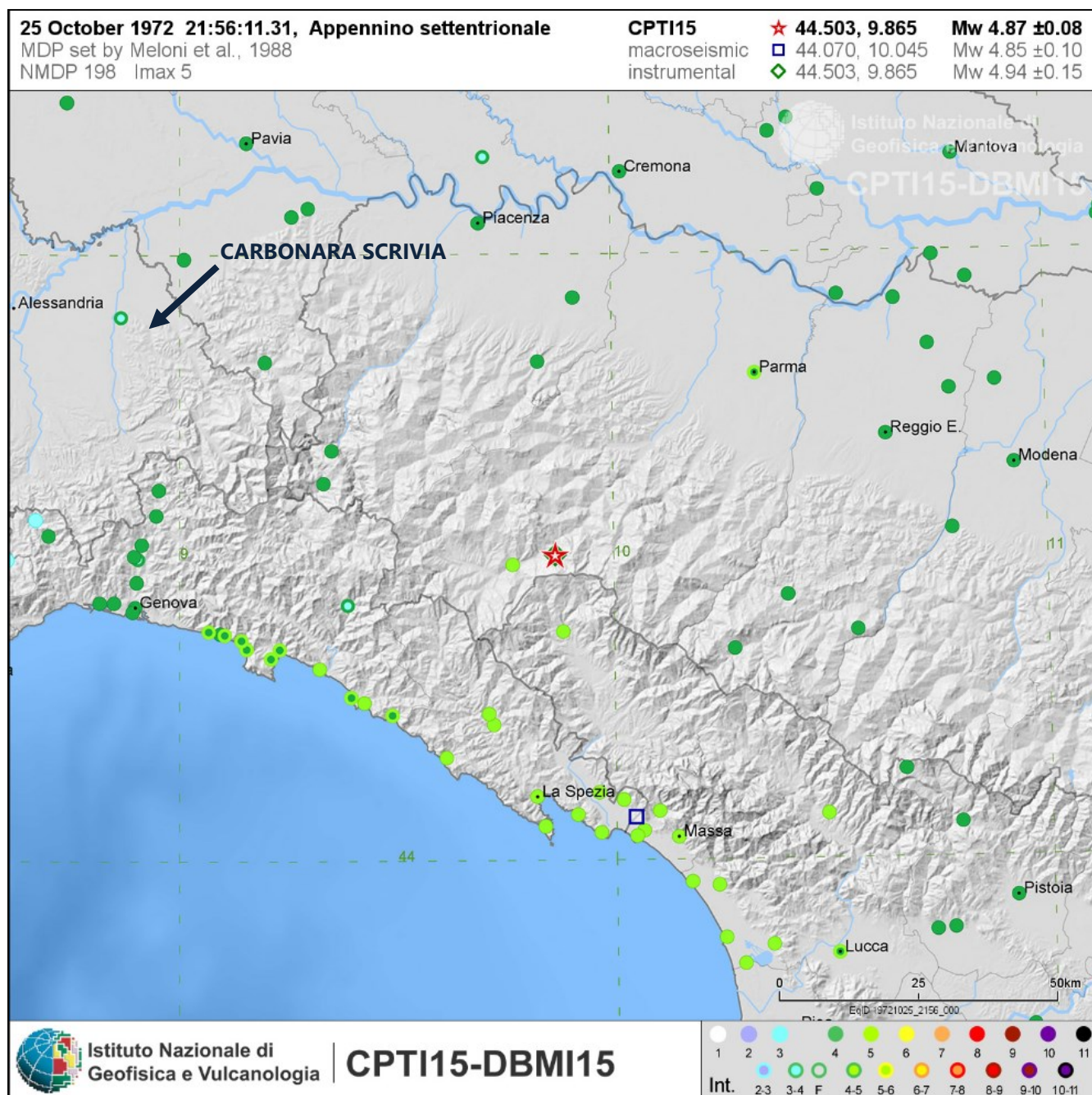


Figura 31 - Evento sismico 1972 relativo alla località "Appennino settentrionale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

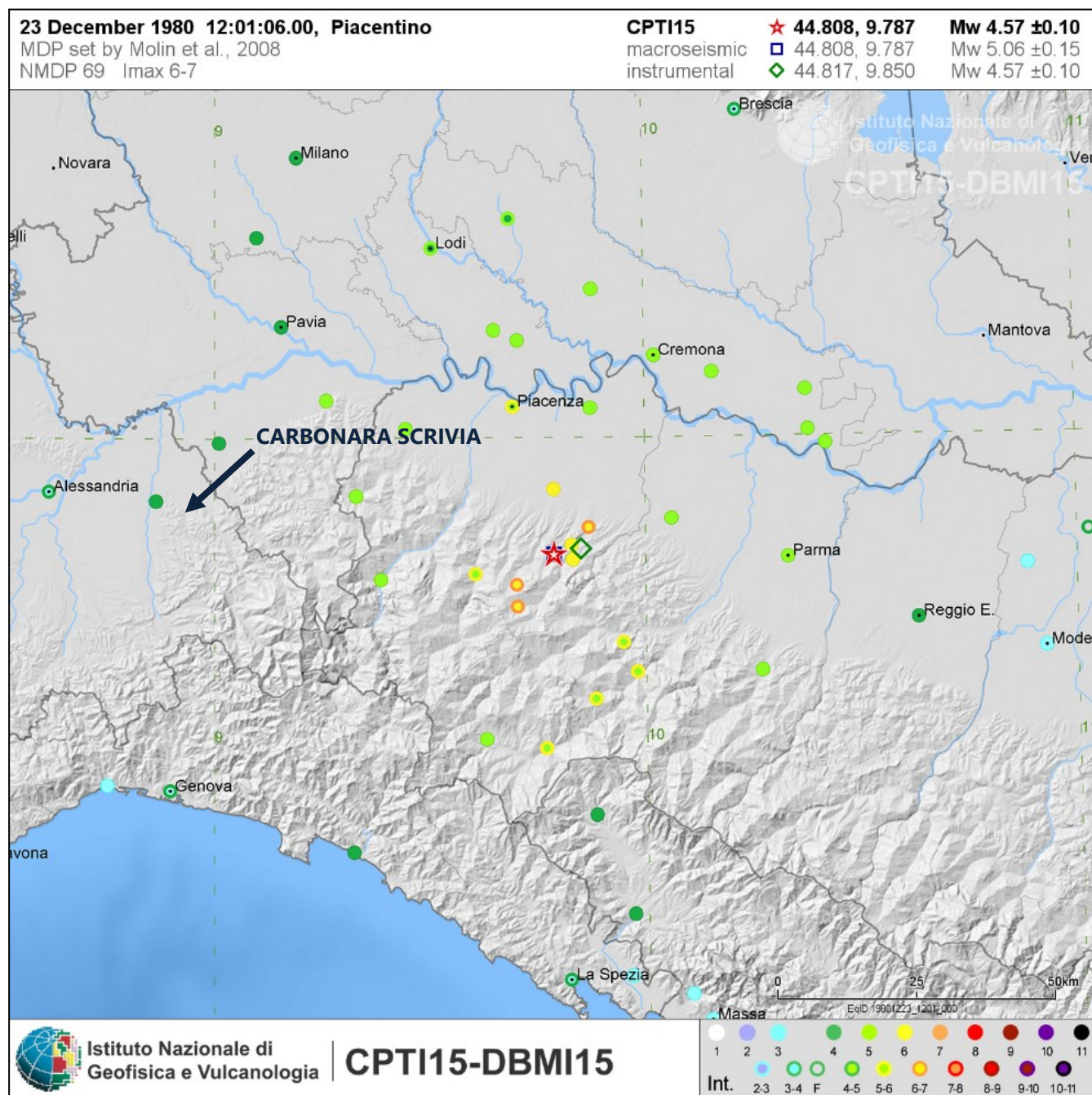


Figura 32 – Evento sismico 1980 relativo alla località “Piacentino” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

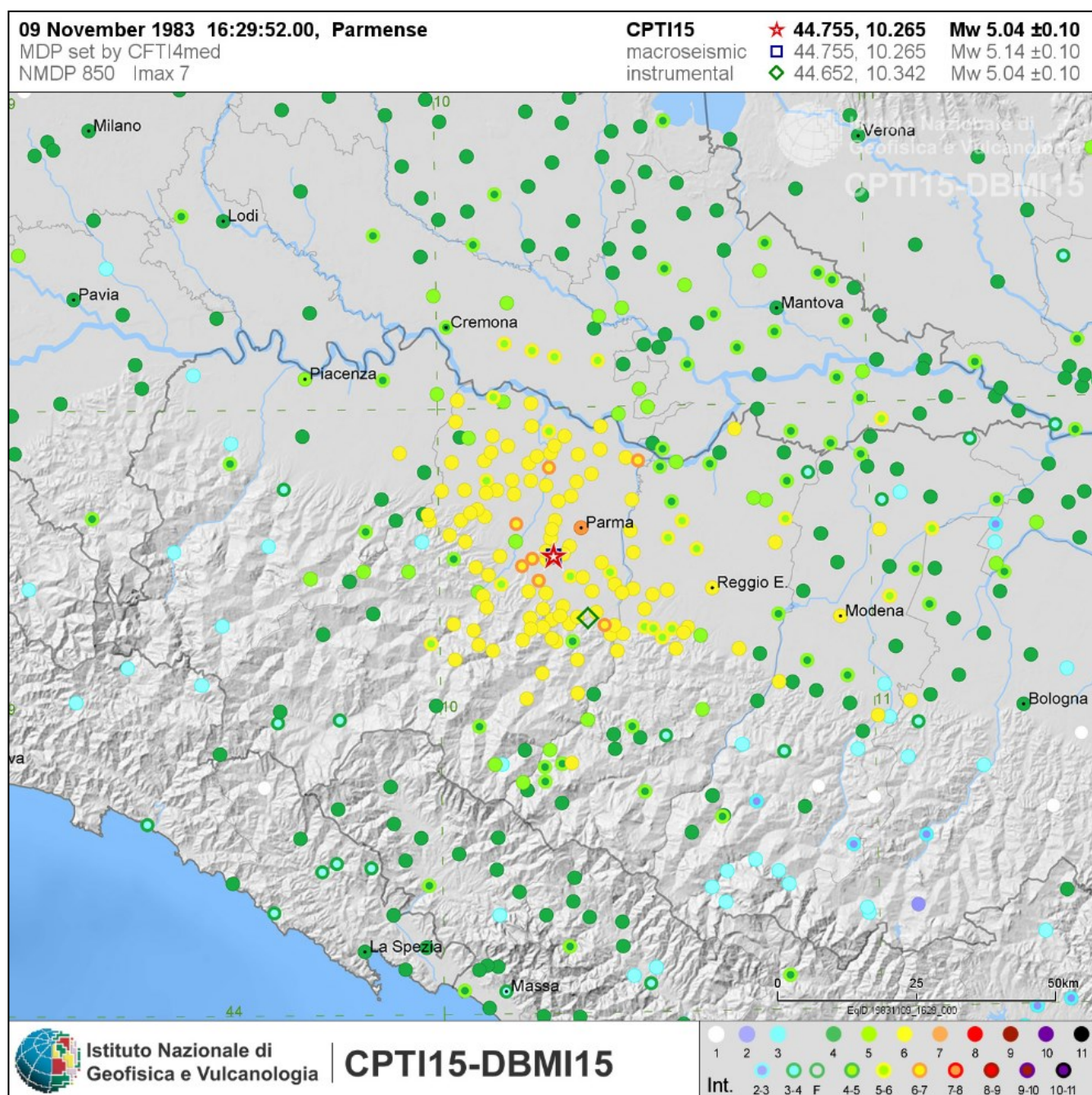


Figura 33 – Evento sismico 1983 relativo alla località “Parmense” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

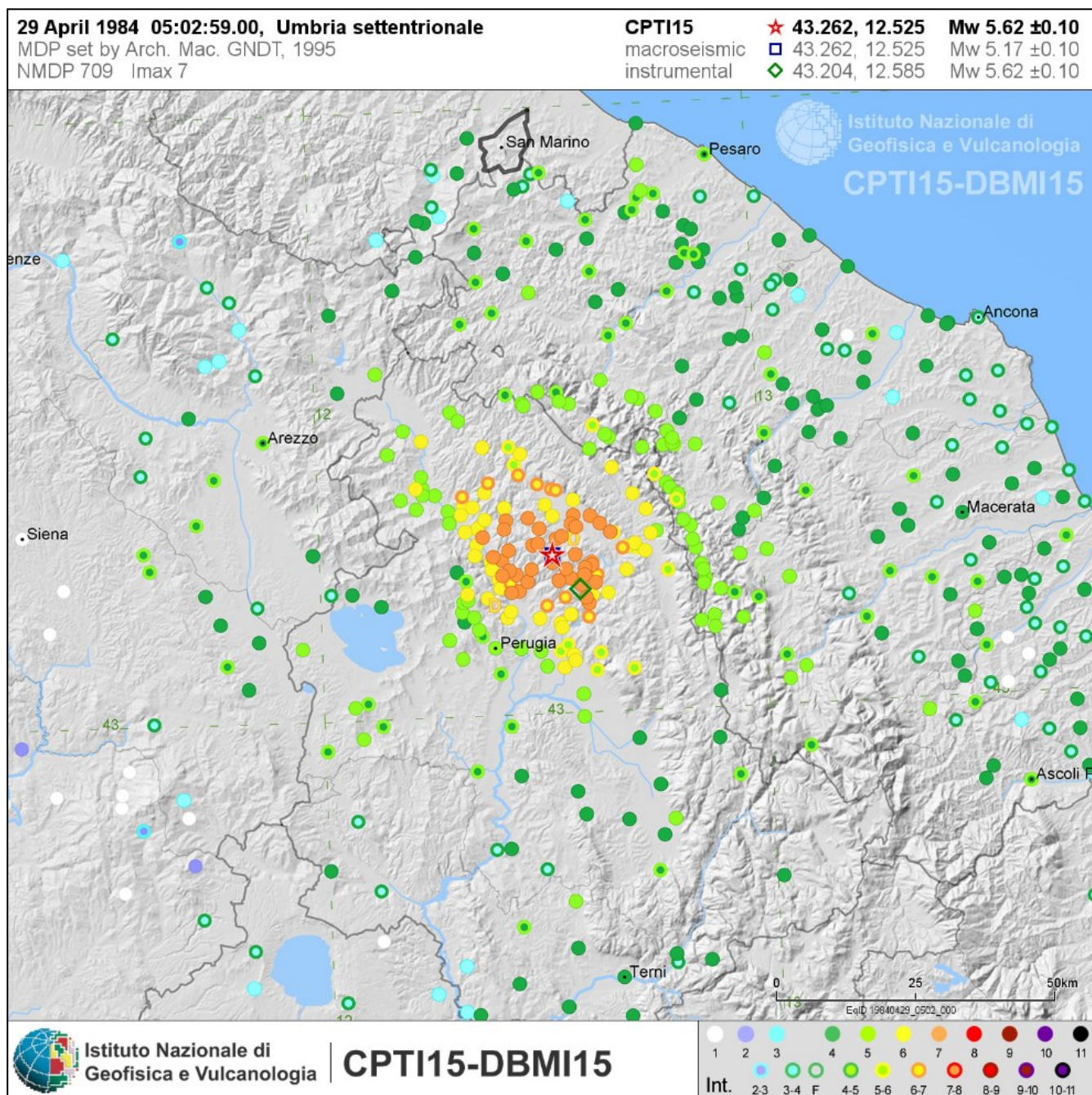


Figura 34 – Evento sismico 1984 relativo alla località “Umbria settentrionale” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

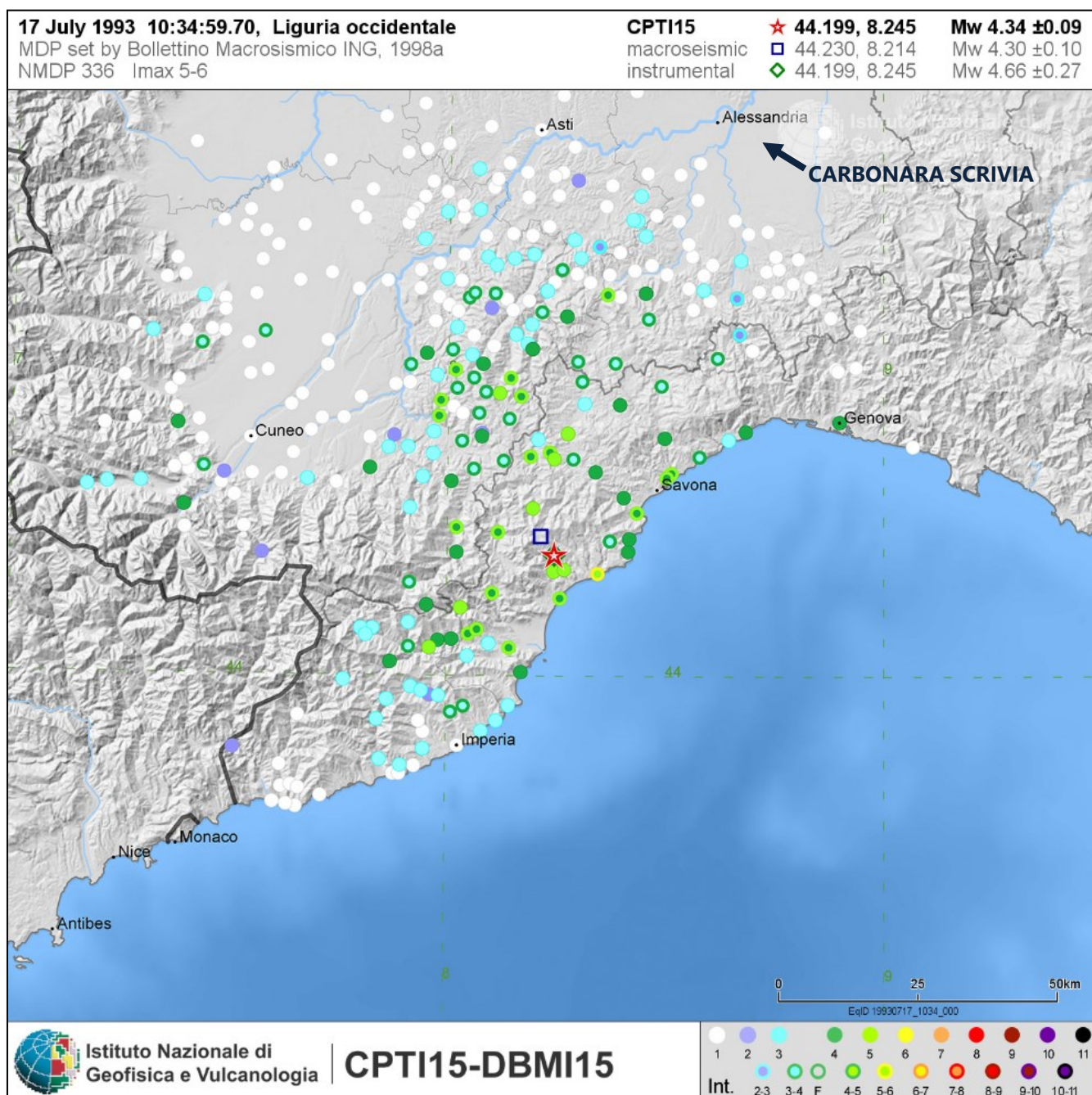


Figura 35 - Evento sismico 1993 relativo alla località "Liguria occidentale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

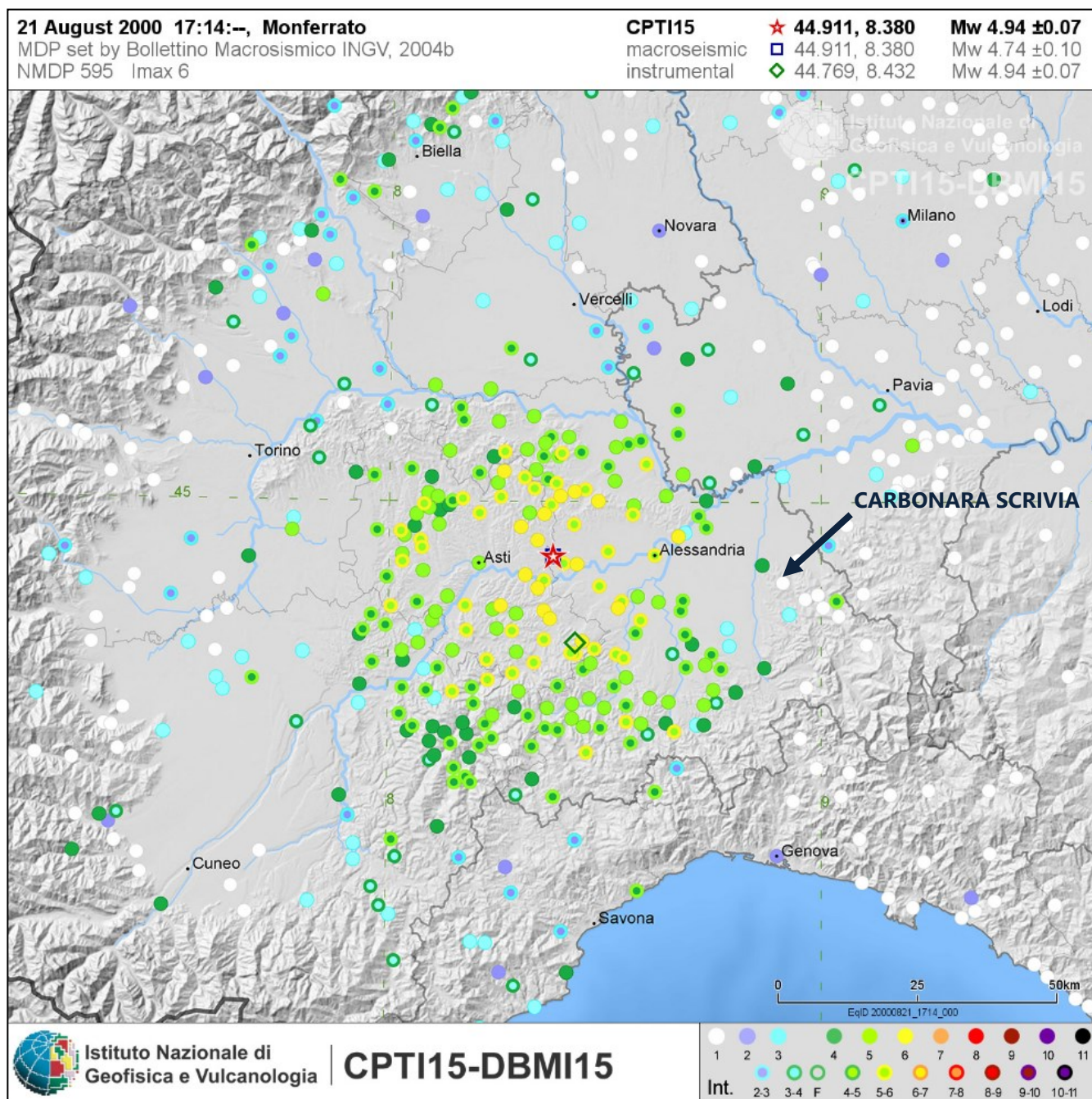


Figura 36 – Evento sismico 2000 relativo alla località “Monferrato” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

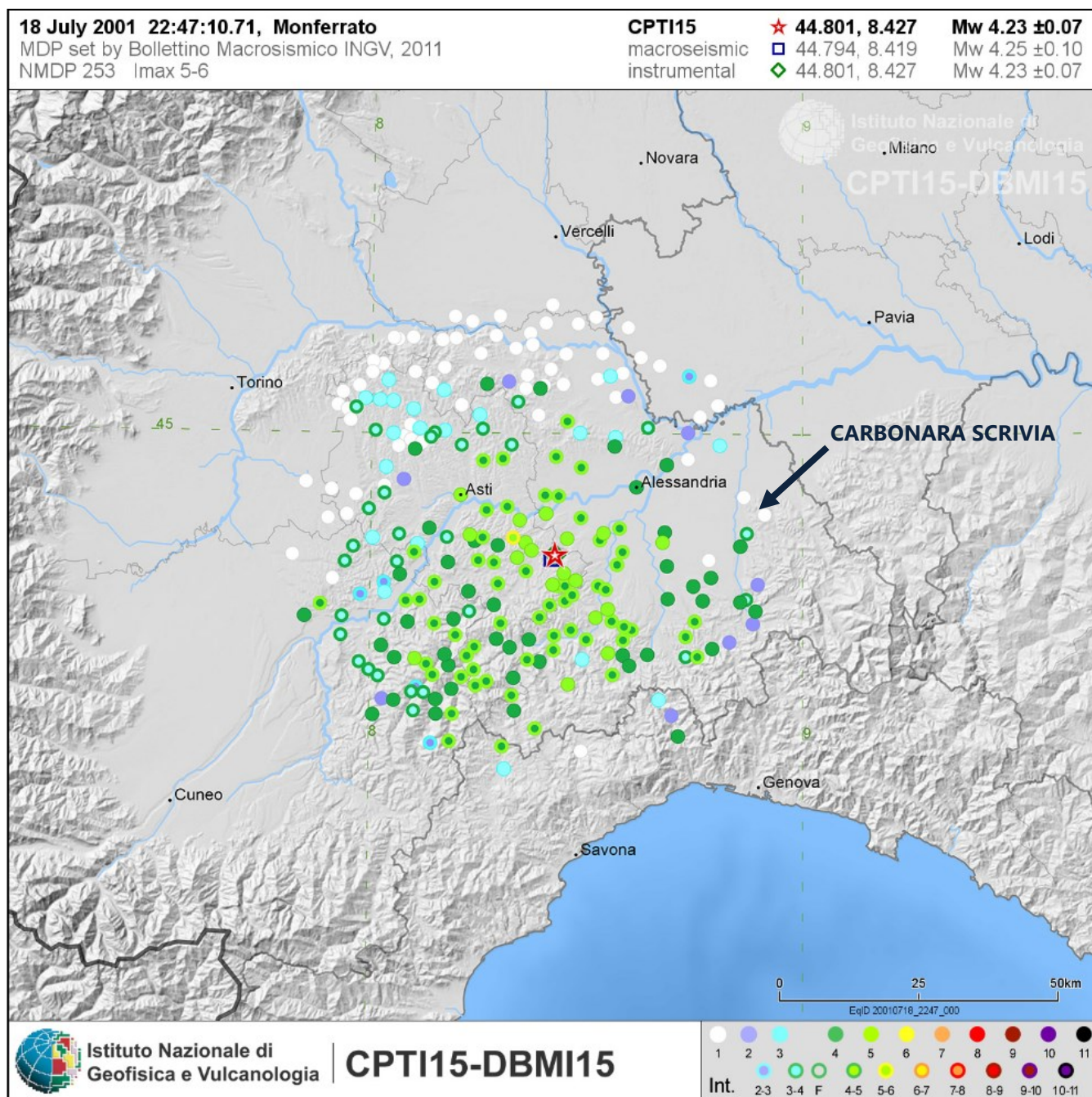


Figura 37 – Evento sismico 2001 relativo alla località “Monferrato” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

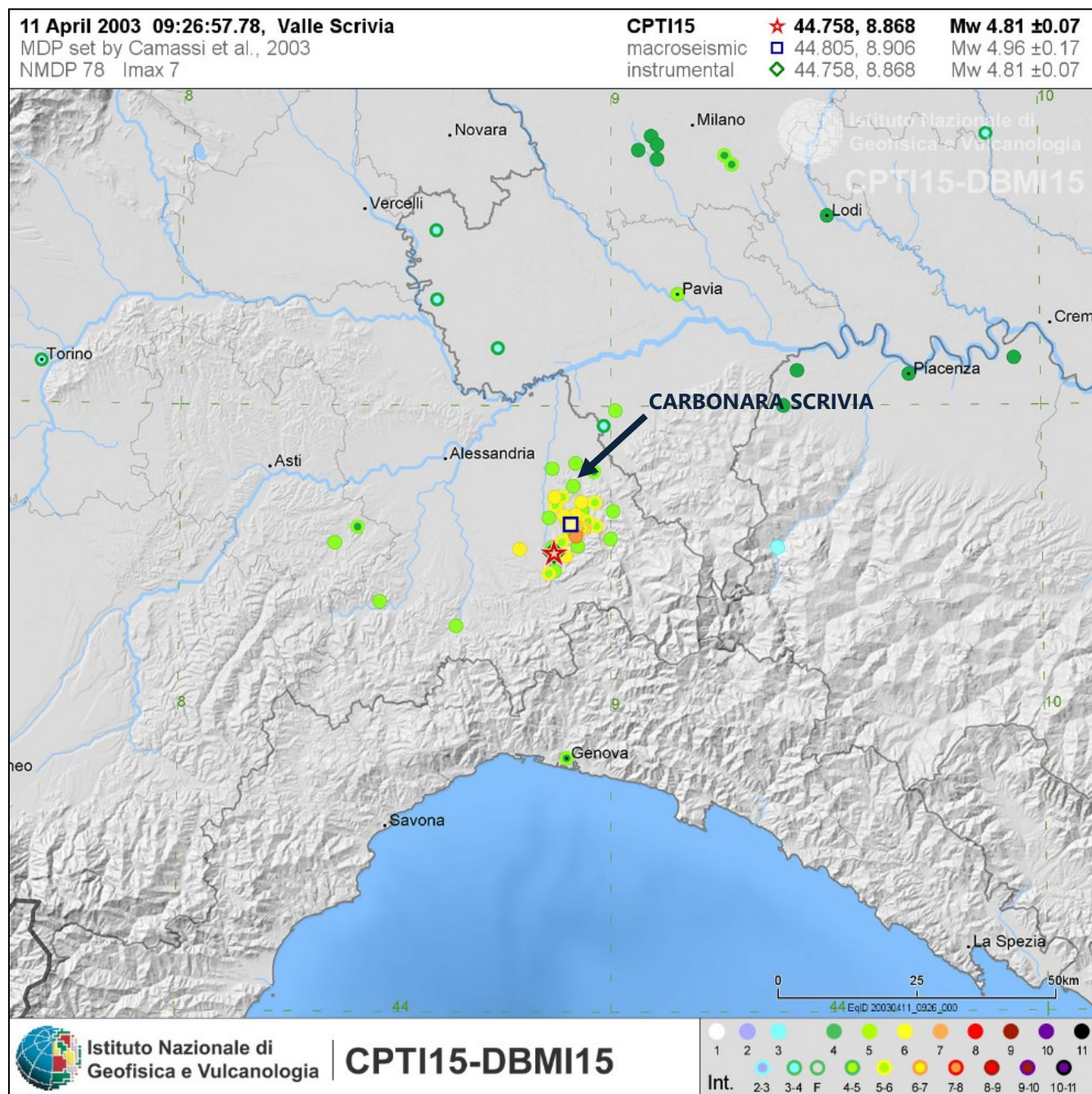


Figura 38 – Evento sismico 2003 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

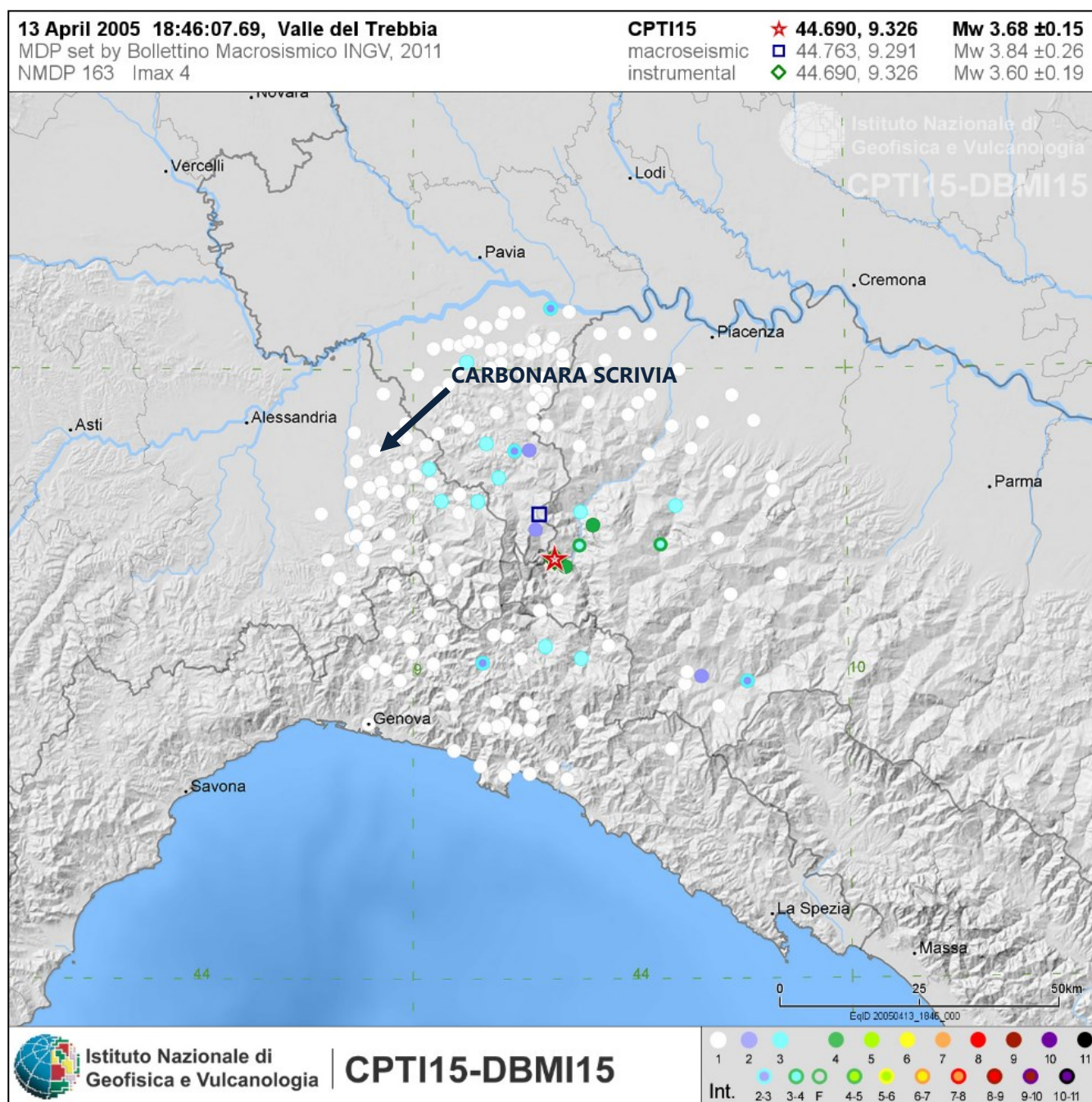


Figura 39 – Evento sismico 2005 relativo alla località “Valle del Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

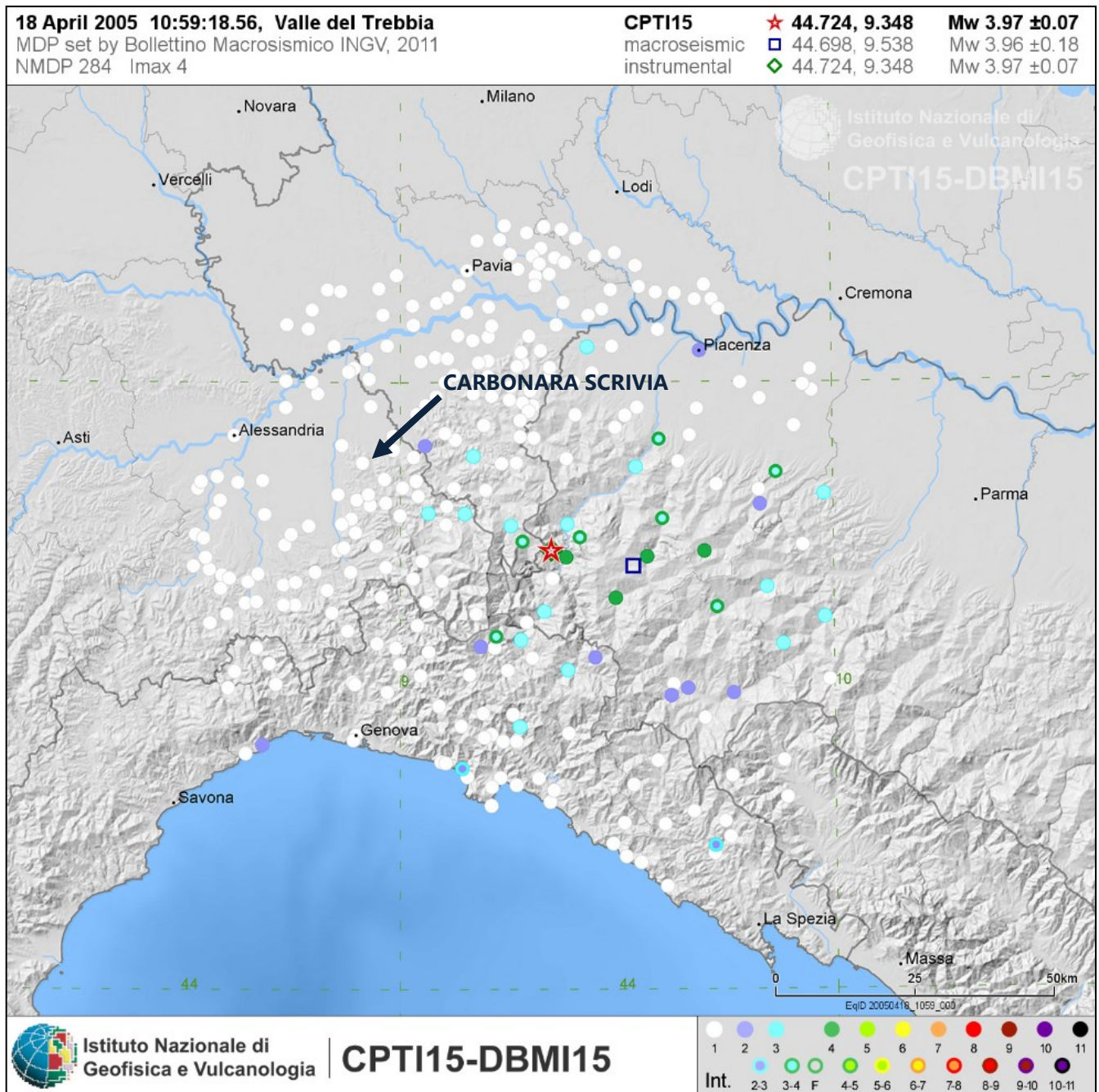


Figura 40 – Evento sismico 2005 relativo alla località “Valle del Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione settembre 2016).

Sul sito dell'**ARPA Piemonte** è possibile la consultazione della documentazione relativa alla sismicità in Piemonte realizzata anche attraverso i dati registrati dalle centraline di rilevamento della Rete Sismografica RSNi (Regional Seismic network of Northwestern Italy), gestita dall'Università di Genova.

Nel corso del 2011 sono stati rilevati e localizzati dalla rete 1790 eventi sismici a distanza locale o regionale, di cui 1092 con magnitudo superiore o uguale a 1 (figura 41). Nelle tabelle 1 e 2 si riportano le distribuzioni dei terremoti in funzione della distanza dell'epicentro rispetto ai limiti regionali e in funzione rispettivamente della profondità focale e della magnitudo locale.

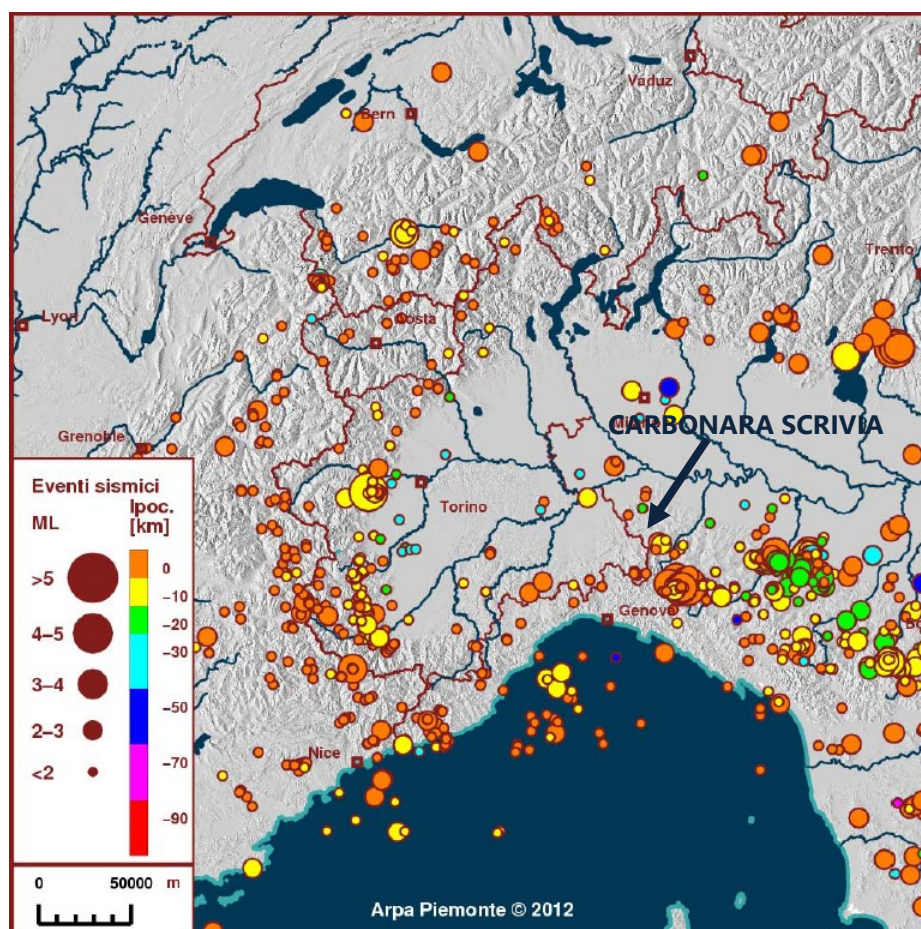


Figura 41 - Mappa della sismicità nel 2011 - I cerchi indicano la posizione degli epicentri, la dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo e il colore è in funzione della profondità ipocentrale - Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

La distribuzione sul territorio delle stazioni sismiche utilizzate dalla rete fornisce una copertura ottimale per l'area alpina occidentale, per il monitoraggio della cui sismicità è finalizzata e configurata la rete regionale. Pertanto, per terremoti eccentrici rispetto alla geometria delle stazioni, a grandi distanze e con elevati gap azimutali (angolo formato tra due stazioni con

l'epicentro dell'evento nel vertice), i parametri focali sono stimati con minore accuratezza, in particolare per quanto riguarda la profondità.

Tabella 1 – Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011 in funzione della profondità focale – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Tabella 1. Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011.							
Profondità (km)	Distanza degli epicentri rispetto ai limiti regionali						
	in Piemonte	≤ 25 km	25-50 km	50-75 km	75-100 km	> 100 km	totale
<10	72	140	77	66	79	161	595
10-20	102	44	34	26	40	81	327
20-30	9	1	3	28	77	15	133
30-40	7	1	2	2	3	6	21
40-50	2	1	0	1	1	2	7
50-60	0	0	3	1	0	2	6
60-70	0	0	1	0	0	1	2
≥ 70	0	0	0	0	0	1	1
totale	192	187	120	124	200	269	1092

Tabella 2 – Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011 in funzione della magnitudo locale – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Tabella 2. Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011.							
Magnitudo (M_I)	Distanza degli epicentri rispetto ai limiti regionali						
	in Piemonte	< 25 km	25-50 km	50-75 km	75-100 km	> 100 km	totale
1 – 2	178	152	104	99	123	83	739
2 – 3	13	23	15	23	65	148	287
3 – 4	0	11	1	2	12	34	60
4 - 5	1	1	0	0	0	3	5
≥ 5	0	0	0	0	0	1	1
totale	192	187	120	124	200	269	1092

Si riportano i principali parametri dei terremoti con la magnitudo più elevata localizzati entro o in prossimità dei limiti regionali (tabella 3).

Tabella 3. Principali parametri dei terremoti con le più alte magnitudo rilevati nel 2011 in Piemonte e dintorni.		
Sisma con max Magnitudo Locale	Distanza degli epicentri rispetto ai limiti regionali	
	in Piemonte	< 25 km
Magnitudo (MI)	4.4	4.0
Data (UTC)	25/07/2011	20/10/2011
Ora (UTC)	12:31:20.91	06:11:18.93
Profondità (km)	20	9
Longitudine (°E)	7.2915	9.478
Latitudine (°N)	45.0115	44.5668
Max gap (°)	90	159
Municipalità	Giaveno	Zerba
Provincia	TO	PC
Regione	Piemonte	Emilia-Romagna

Tabella 3 – Principali parametri dei terremoti con la magnitudo più elevata localizzati entro o in prossimità dei limiti regionali – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Per il terremoto nel torinese del 25 luglio 2011, di magnitudo 4.4, avvertito in gran parte della regione, nei giorni successivi il Dipartimento Sistemi Previsionali ha prodotto un rapporto d'evento, pubblicato on-line sul sito di Arpa Piemonte, al quale si rimanda per informazioni più approfondite.

Infine, in tabella 4 si riporta il numero di terremoti, per intervalli di magnitudo superiore a 1, localizzati in Piemonte o entro 25 km dai confini regionali negli anni dal 2008 al 2011. Si può notare come il più elevato numero di terremoti rilevati nel 2010 sia dovuto al contributo degli intervalli di magnitudo minore, in gran parte popolati dagli eventi dello sciame sismico verificatosi tra ottobre e novembre in Val Varaita. Vengono fornite nelle ultime due colonne della tabella i valori totali e medi per i 4 anni (2008–2011).

Tabella 4 – Numero di terremoti, per intervalli di magnitudo superiore a 1, localizzati in Piemonte o entro 25 km dai confini regionali negli anni 2008, 2009, 2010 e 2011 – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Tabella 4. Numero di terremoti localizzati negli ultimi anni in Piemonte ed entro 25 km dai confini regionali.						
MI	2008	2009	2010	2011	totale	media
1 – 2	313	245	449	330	1337	334.25
2 – 3	48	44	66	36	194	48.5
3 – 4	0	8	5	11	24	6
4 - 5	1	1	0	2	4	1
≥ 5	0	0	0	0	0	0
totale	362	298	520	379	1559	389.75

2.2 QUADRO DELLE CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE – PERICOLOSITA' DI BASE

Secondo l'O.P.C.M. n. 3274/2003 ed il successivo 3519/2006, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche alle quali è associato un valore di accelerazione di picco di suolo di categoria A. Con la zonazione viene quindi associato lo stesso grado di sismicità a tutto il territorio comunale. In particolare, con Deliberazione della Giunta Regionale DGR 61-11017 del 17/11/2003 *Prime disposizioni in applicazione dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* il territorio Comunale di Carbonara Scrivia è stato classificato nella zona sismica 4. Successivamente, con DGR 19 gennaio 2010, n. 11-13058 *Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche* (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006), la classificazione sismica dei comuni piemontesi è stata aggiornata ed al territorio Comunale di Carbonara Scrivia è stata assegnata la zona sismica 3 (Figura 42-43).

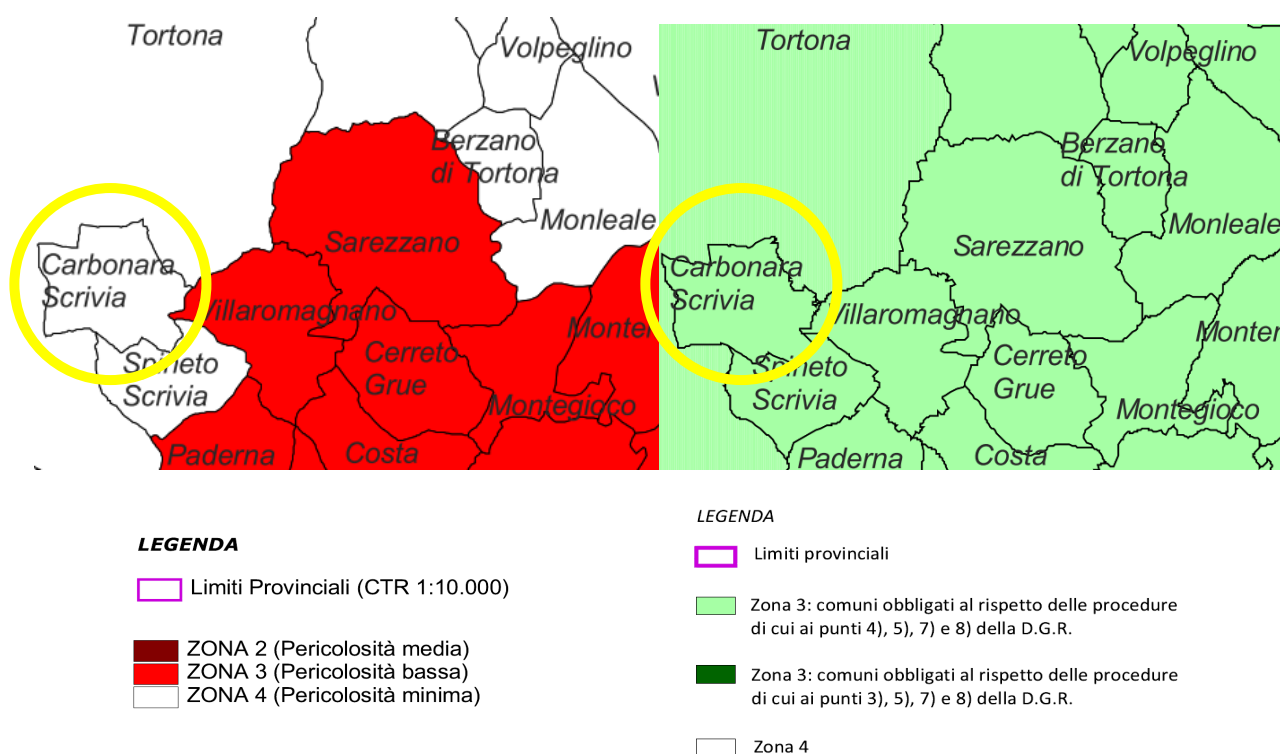


Figura 42 – Classificazione sismica del Piemonte a seguito all'OPCM 3274 (Fonte sito web del Servizio Sismico Nazionale – consultazione settembre 2016).

Figura 43 – Attuale Classificazione sismica del Piemonte a seguito OPCM 3519 (Fonte sito web del Servizio Sismico Nazionale – consultazione settembre 2016).

La Figura 44 riporta un estratto della situazione relativa alla Regione Piemonte per quanto riguarda la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}),

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A). Per il territorio del Comune di Carbonara Scrivia l'accelerazione massima al suolo (a_{max}) risulta compresa nell'intervallo $0.075 \div 0.100$ g.

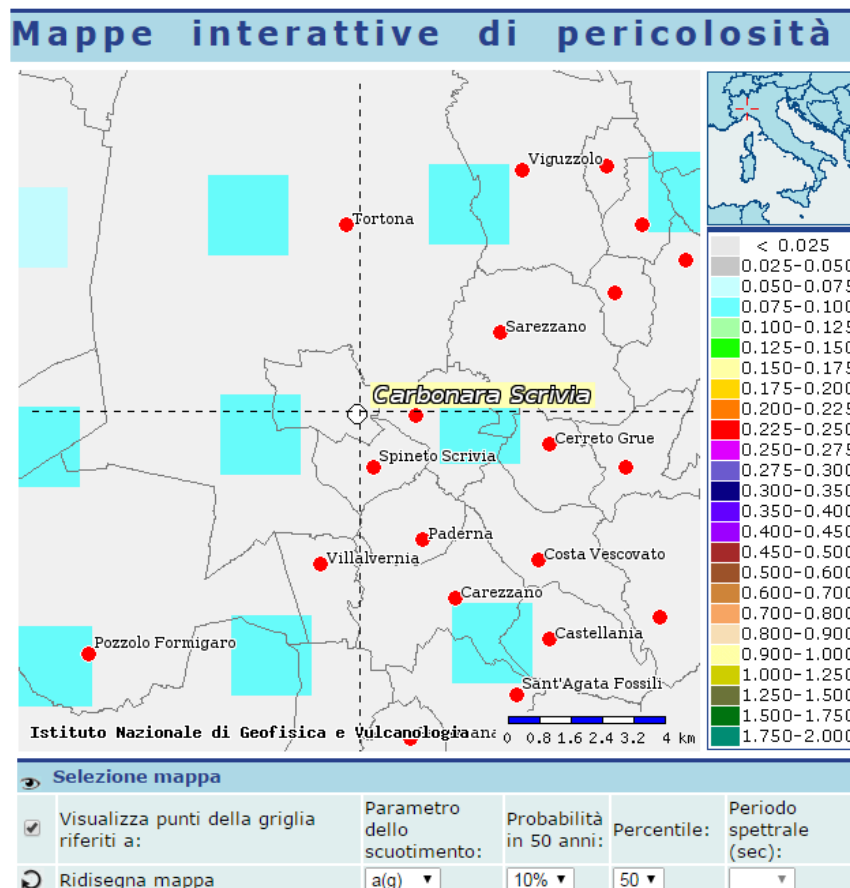


Figura 44 – Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica in Italia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni – Fonte INGV (consultazione settembre 2016).

La Figura 45 riporta un estratto della situazione relativa alla Regione Piemonte per quanto riguarda la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A). Per il territorio del Comune di Carbonara Scrivia l'accelerazione massima al suolo (a_{max}) risulta compresa nell'intervallo $0.100 \div 0.125$ g.

La Figura 46 riporta un estratto della situazione relativa alla Regione Piemonte per quanto riguarda la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A). Per il territorio del Comune di Carbonara Scrivia l'accelerazione massima al suolo (a_{max}) risulta compresa nell'intervallo $0.150 \div 0.175$ g.

Mappe interattive di pericolosità

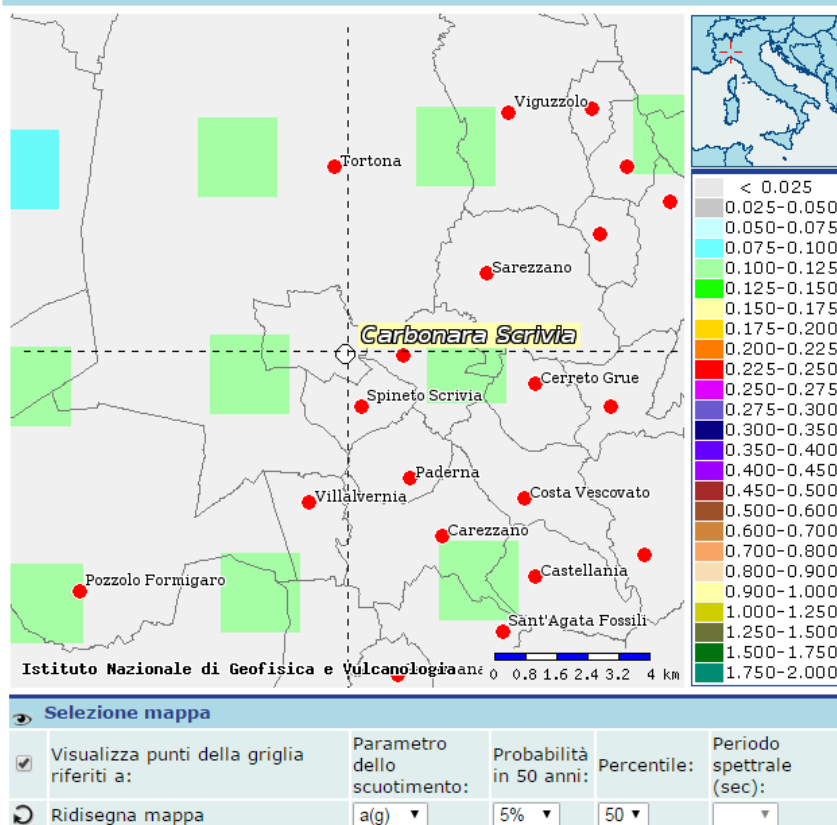


Figura 45 – Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica in Italia con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni – Fonte INGV (consultazione settembre 2016).

Mappe interattive di pericolosità

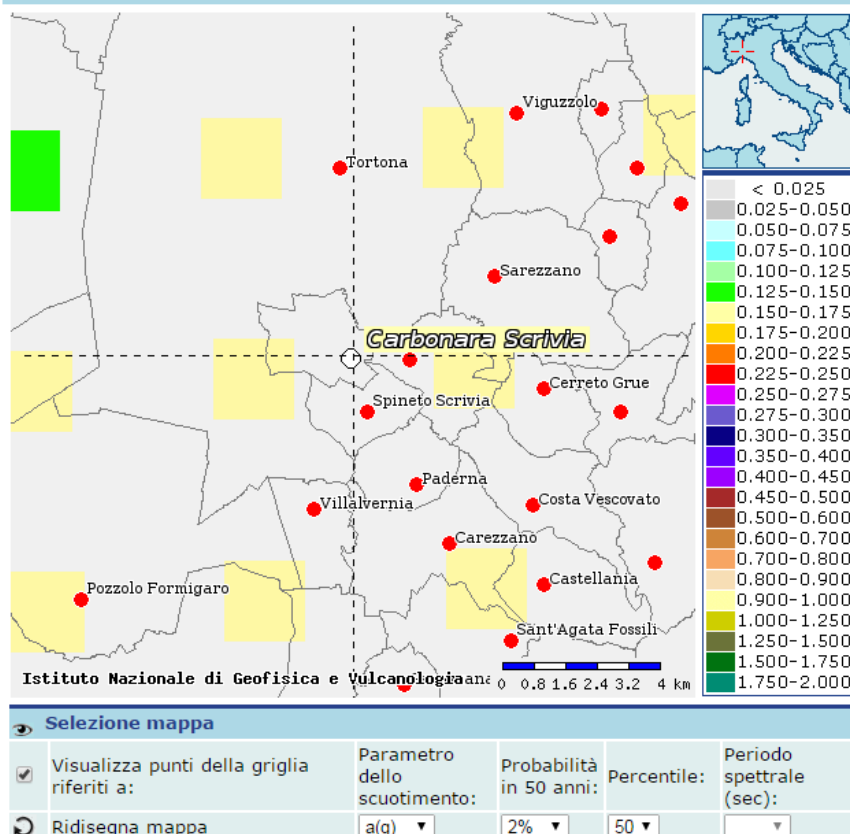


Figura 46 – Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica in Italia con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni – Fonte INGV (consultazione settembre 2016).

3. ASSETTO GEOLOGICO-TETTONICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 AMBITO STRUTTURALE

La Regione Piemonte ed in particolare la Provincia di Alessandria, dove risulta compreso il Comune di Carbonara Scrivia, non è esente da attività sismo-tettonica.

Il territorio regionale piemontese è circondato a Nord, ad Ovest e a Sud dal sistema alpino occidentale, catena collisionale originatasi a partire dal Cretaceo per lo scontro fra le placche Europea ed Adriatica. Il contesto tettonico e i regimi geodinamici attivi portano la regione ad essere interessata da una sensibile attività sismica, generalmente modesta come intensità, ma notevole come frequenza.

Gli epicentri si concentrano preferenzialmente lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna (limite fra le unità penniniche e la pianura padana);
- l'altra, più dispersa, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte Penninico).

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Un'ulteriore area di attività sismica per il Piemonte è costituita dall'estremità settentrionale degli Appennini ed interessa le zone sud-orientali della regione.

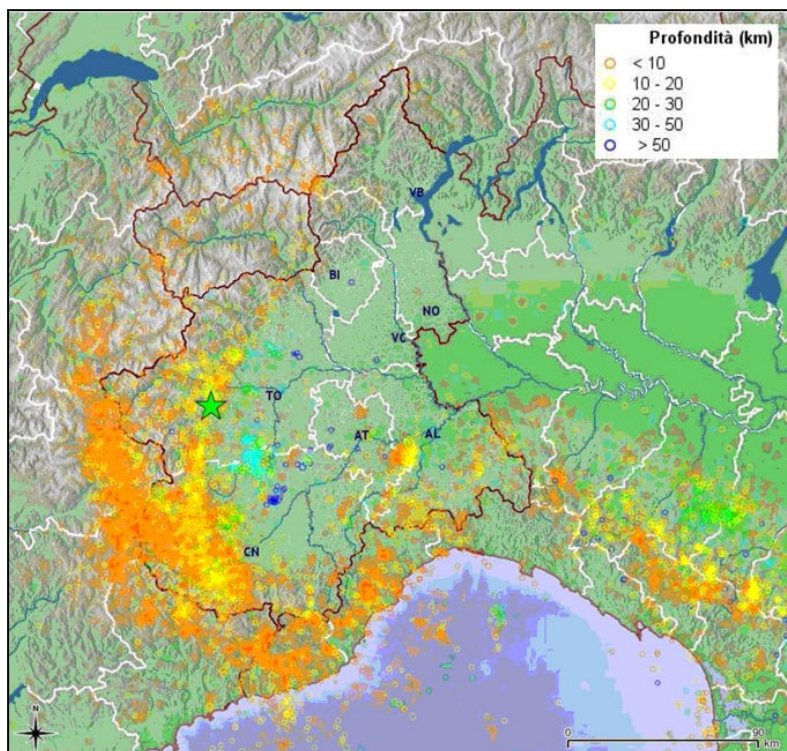


Figura 47 – Sismicità strumentale regionale dal 1982 al 2010 e localizzazione dell'evento del 25 luglio 2011 – Fonte: rapporto Arpa Piemonte evento 25.07.2011 – (consultazione settembre 2016).

In particolare, il territorio della provincia di Alessandria risulta caratterizzato da una sismicità moderata, che può essere definita medio-bassa relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5 e 5.5 della scala Richter ed intensità del VII–VIII grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5) si sono verificati nel settore sud-orientale.

La Figura 48 rappresenta un estratto dalla mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (a partire da 943 eventi di intensità epicentrale superiore o uguale alla soglia del danno $I_0 \geq 5/6$) e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, elaborata per il Dipartimento della Protezione Civile nel 1996.

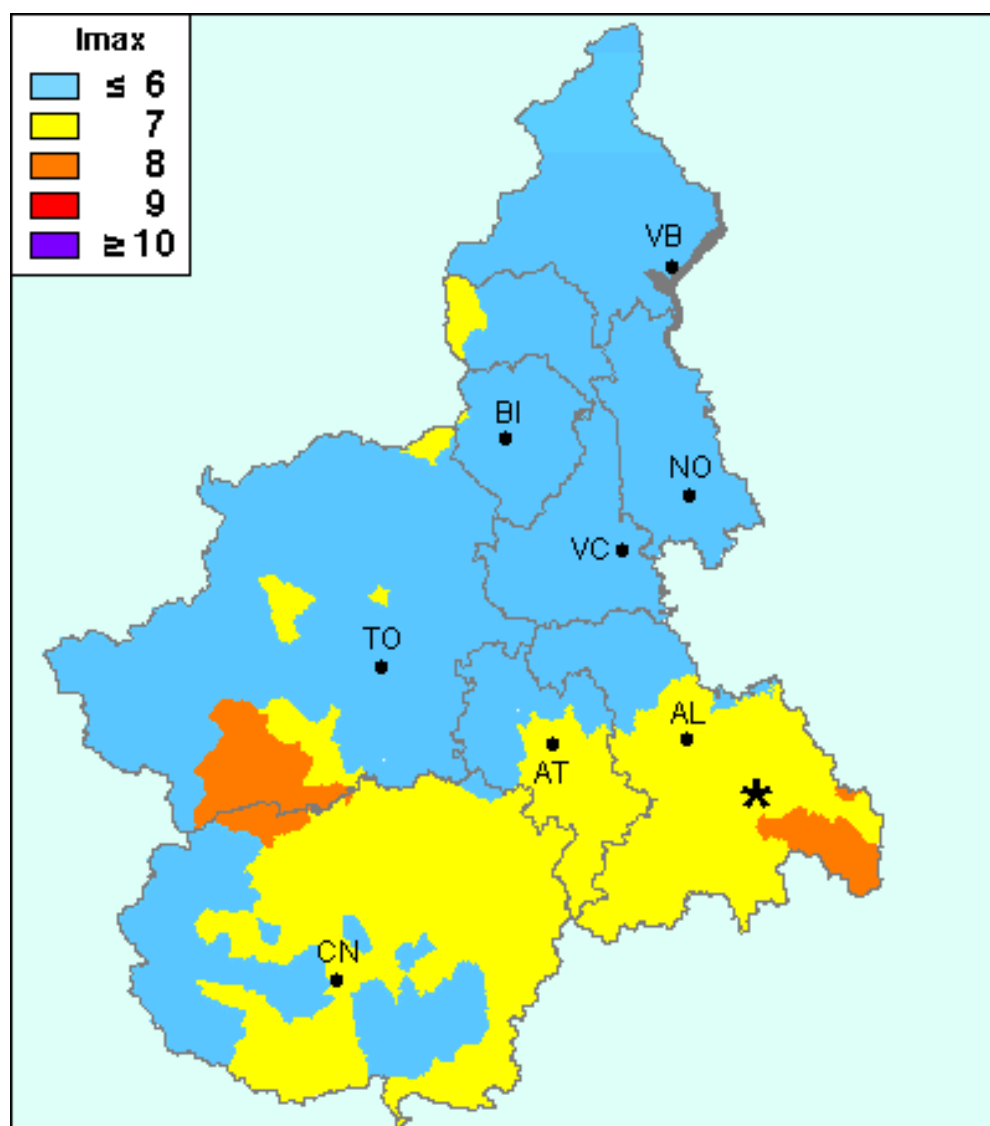


Figura 48 – Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate, D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996 (consultazione settembre 2016).

L'epicentro del terremoto del 2003 (MD = 4.6, ML = 4.8), il più rilevante per l'area alessandrina, degli ultimi anni, ricade in un'area dove nel 1541 è avvenuto un terremoto di entità leggermente superiore (magnitudo = 5.2), che ha prodotto danni rilevanti a Stazzano, Novi Ligure e Serravalle Scrivia. Nelle vicinanze è localizzato anche l'evento del 1913 (Novi Ligure, magnitudo 4.1). Inoltre, il catalogo CFTI Med 4.0 segnala altri 5 terremoti per le generiche località Tortonese ed Alessandrino, negli anni 1759, 1780, 1902, 1906 e 1932, di intensità del IV-V grado della scala MCS (Scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg).

La recente pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche, riportate in Figura 49; tale zonazione viene chiamata ufficialmente **ZS9**. Rispetto alla zonazione precedente ZS4, le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche ed alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente. La zonizzazione ZS9 è costituita da 42 zone - sorgente. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il colore delle zone non è significativo. I limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stile deformativo, ma con differenti caratteristiche della sismicità, come ad esempio la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.. Le 42 zone sorgente di ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

Nella ZS 911 il meccanismo di fagliazione prevalente, cioè quello che ha la massima probabilità di caratterizzare i futuri terremoti significativi, è di tipo trascorrente (Figura 50).

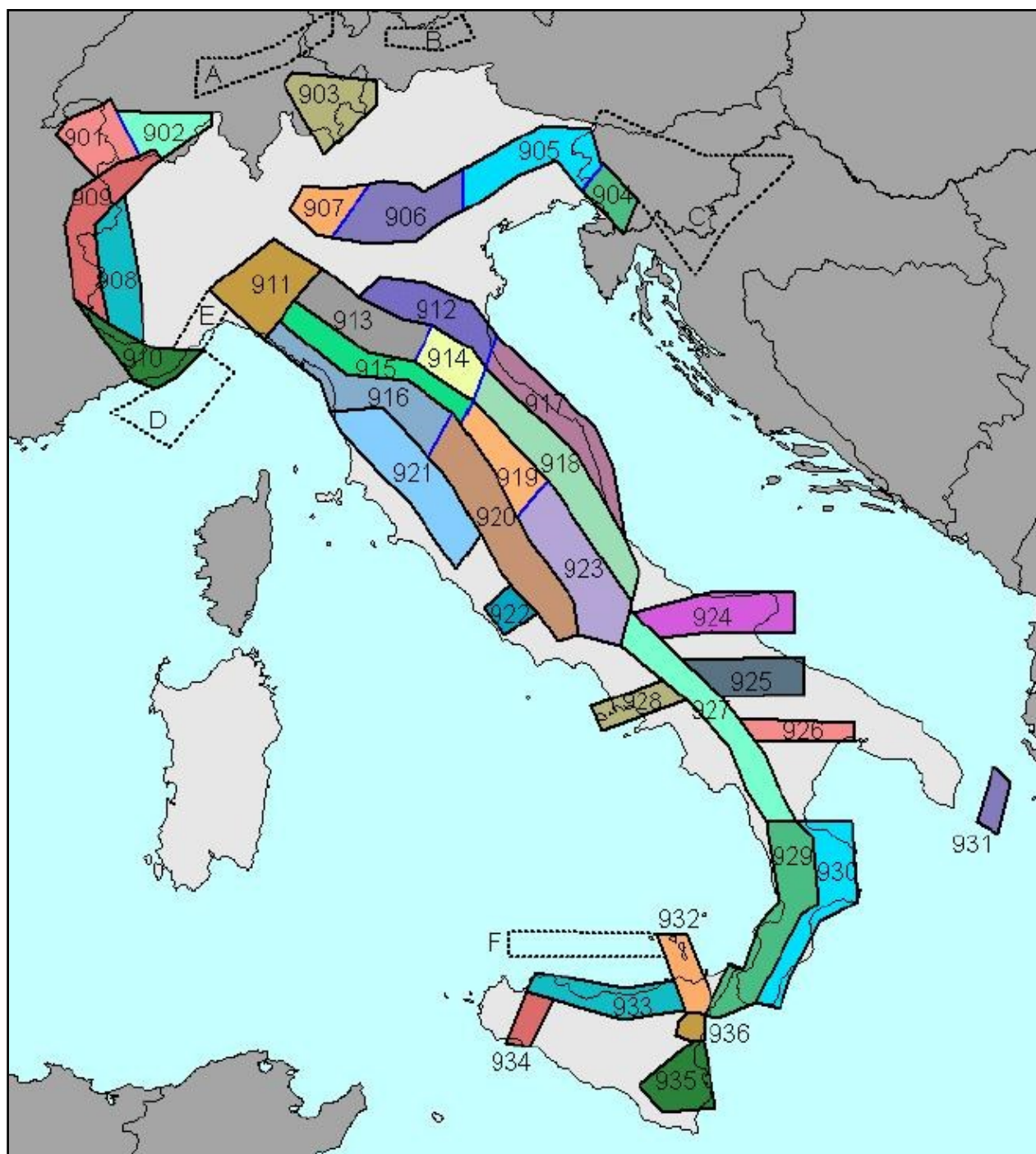


Figura 49 - Zonazione Sismogenetica ZS9 - Gruppo di Lavoro per la redazione di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

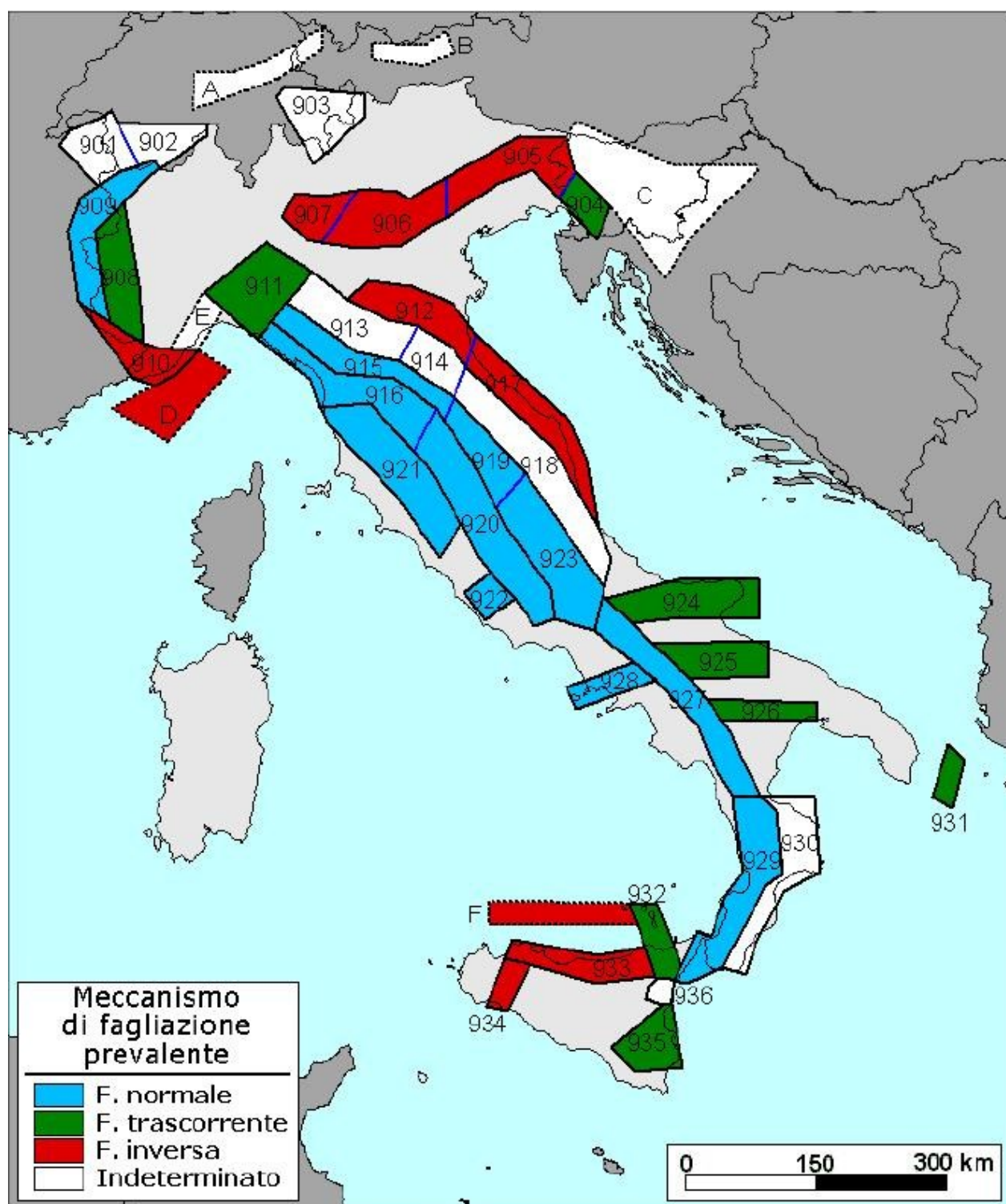


Figura 50 - Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche - Gruppo di Lavoro per la redazione di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Il territorio del Comune di Carbonara Scrivia risulta situato all'interno della zona 911. Le zone sismogenetiche ZS, dalla 911 alla 923, costituiscono l'Appennino settentrionale e centrale. In particolare, l'arco appenninico è limitato, a Nord, dalla Zona 911 che costituisce il cosiddetto "Arco di Pavia" e rappresenta l'area di "svincolo" tra il sistema alpino e quello appenninico.

Le carte tettoniche e neotettoniche relative all'Italia settentrionale di cui si allegano estratti (Figure 52–53) mostrano le principali strutture tettoniche che interessano la zona dell'alessandrino dove risulta localizzato il comune di Carbonara Scrivia. Nella Figura 52 viene riportato un estratto della Carta "Schema strutturale dell'Appennino nord-occidentale", mentre nella Figura 53 un estratto della Carta "Neotectonic model of Italy" in scala 1:1.500.000. In entrambe le figure rappresentative dell'assetto tettonico-strutturale dell'area dell'Appennino nord occidentale, a cui appartiene il territorio di Carbonara Scrivia, si può osservare un regime tettonico debolmente compressivo in atto. L'Appennino nord-occidentale è caratterizzato da una moderata sismicità, che si manifesta principalmente:

- lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico;
- lungo la fascia con direttrice appenninica che dalla zona di Varzi si estende quasi con continuità verso WSW fino alla zona dell'Appennino toscano-emiliano (Lunigiana e Garfagnana);
- lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali di direzione appenninica.

Lungo il margine appenninico, soprattutto nella zona tra Voghera e Tortona, l'attività è blanda e sporadica nel tempo e con epicentri arretrati rispetto alla posizione dei fronti appenninici sepolti. La zona più attiva del comparto appenninico si estende dall'area di Varzi–Bobbio fino alla Garfagnana. Il livello medio di energia rilasciata decresce quasi esponenzialmente da SE verso NW ed anche la profondità focale tende a diminuire gradualmente procedendo verso NW. La maggior parte dei fuochi è concentrata entro i primi 10–15 Km di profondità con approfondimento nella zona borghesate–pontremolese.

Il territorio comunale di Carbonara Scrivia, interessato dalle successioni sedimentarie quaternari dei depositi "padani" e mioceniche del Bacino Terziario Piemontese (BTP), si colloca al margine occidentale dei fronti di accavallamento di direzione appenninica, in una zona dove i principali elementi strutturali risultano la linea Villalvernia–Varzi e due faglie denominate di Varzo e della Valle Scrivia, a SE del territorio comunale. Il BTP presenta un assetto tettonico com-

più o meno poco deformato e viene interrotto nella sua successione dalla linea Villalvernia–Varzi.

La linea tettonica Villalvernia–Varzi viene pertanto considerata il limite geologico nord–orientale del BTP, a S, e la zona molto più deformata dell’Appennino tortonese–vogherese, a N (Figura 53). La dislocazione della Villalvernia–Varzi sarebbe attiva sin dall’Oligocene e la sua attività sembrerebbe protratta in tempi recenti.

La faglia della valle Scrivia di tipo subverticale con direzione SSE–NNW, coincidente all’incirca con il corso del T. Scriva nel tratto compreso tra Vocemola e Precipiano allo sbocco della Val Borbera, è stata attiva nell’oligocene superiore e nel medio miocene ed è stata fossilizzata dalla deposizione dei sedimenti trasgressivi delle Marne di Cessole.

La faglia di Vargo, dislocata nei pressi di Vargo a NE della Valle Scrivia, orientata NE–SW con rigetto verticale, interessa il membro inferiore delle Marne di S. Agata Fossili e pertanto è una faglia pre–sedimentaria del periodo miocenico tortoniano.

Si segnala, in ultimo, che dalla consultazione di GeoMap Viewer – Portale del Servizio Geologico d’Italia – Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), a cura dell’ISPRA (Istituto superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), per quanto riguarda il territorio di Carbonara Scrivia, non si rinvenivano strutture associabili a faglie capaci, ovvero faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie (Figura 51).

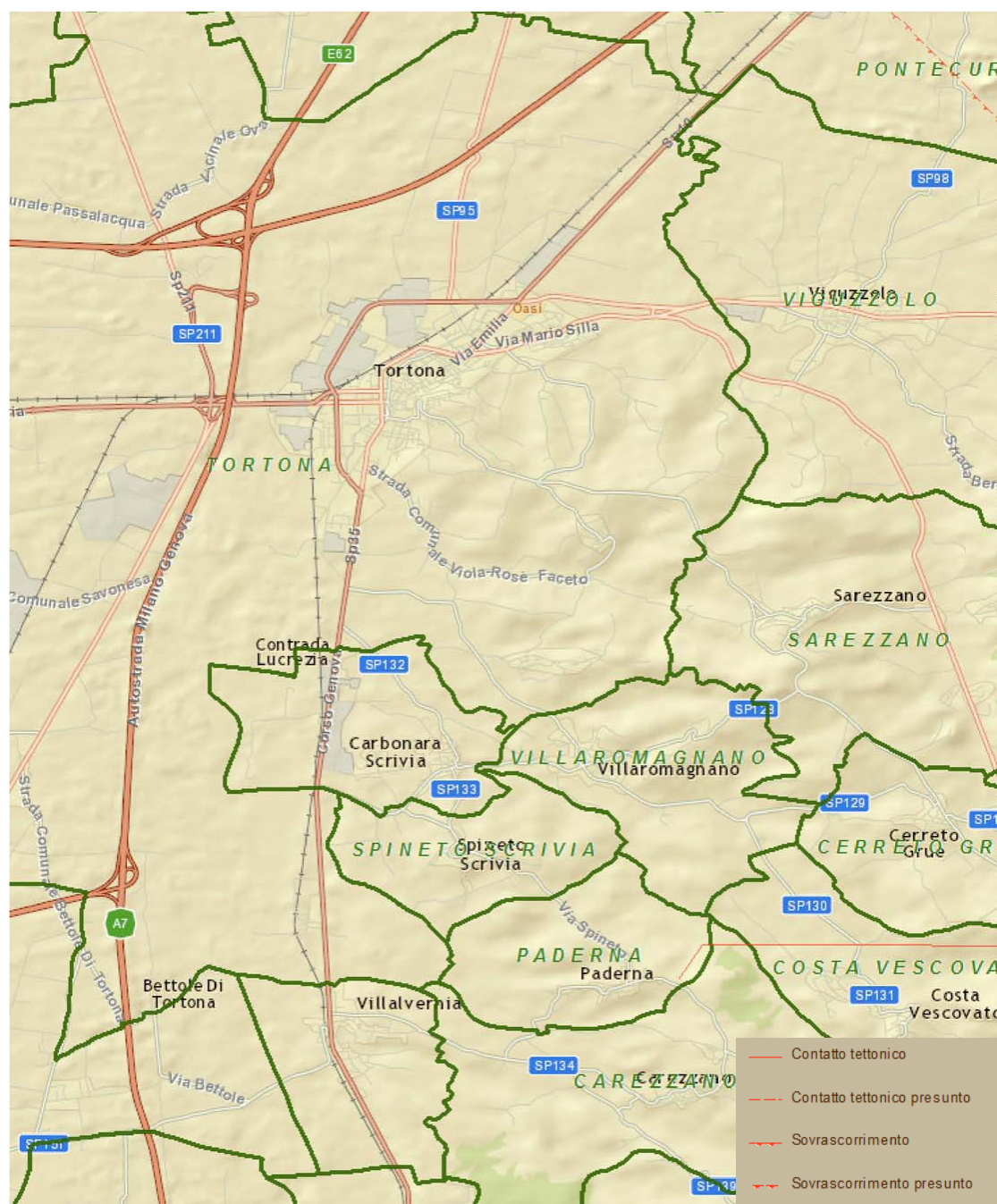


Figura 51 - Estratto da "progetto ITHACA (Italy HAZard from CApable faults)" - ISPRA - Portale del Servizio Geologico d'Italia (consultazione gennaio 2016).

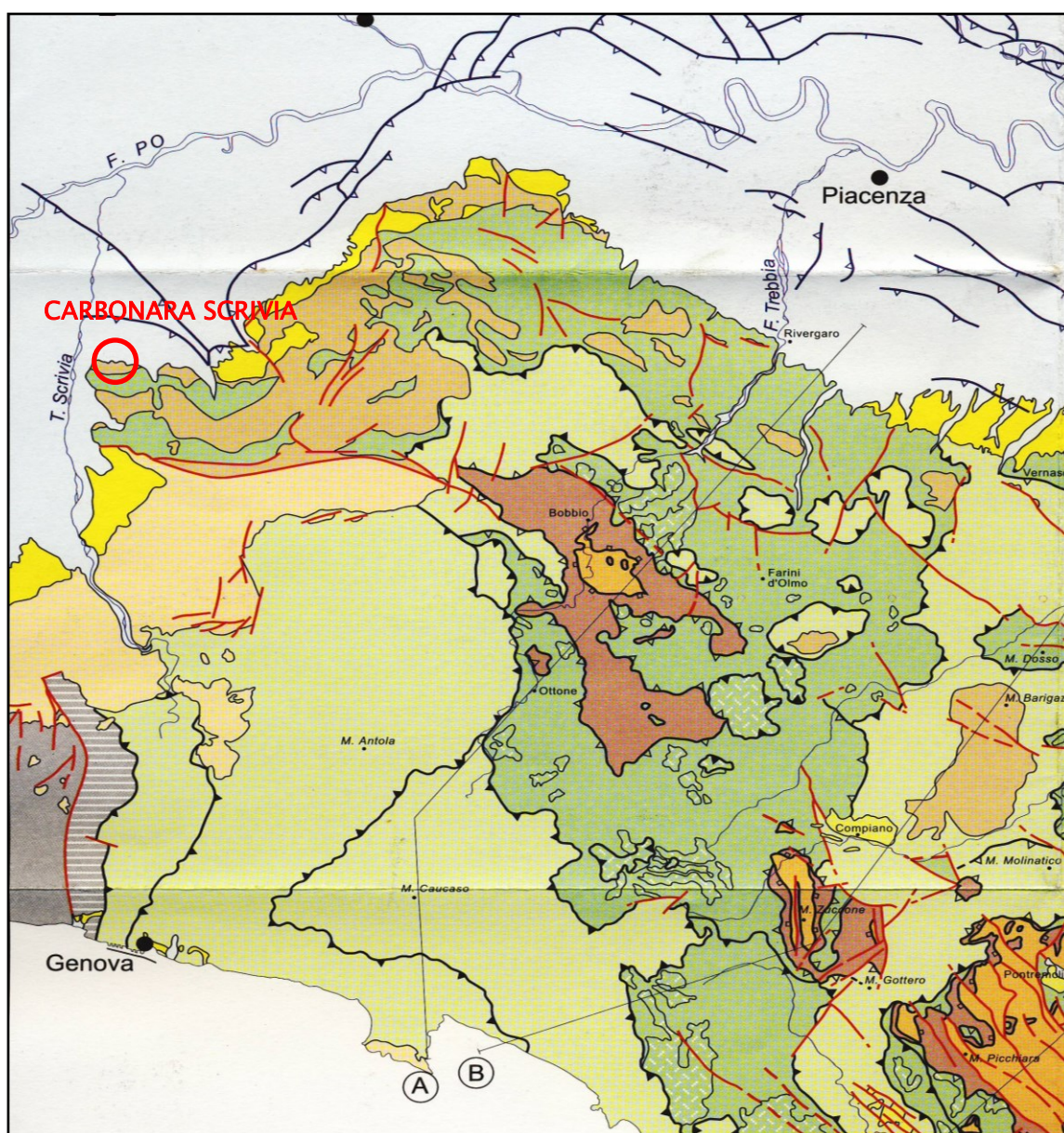
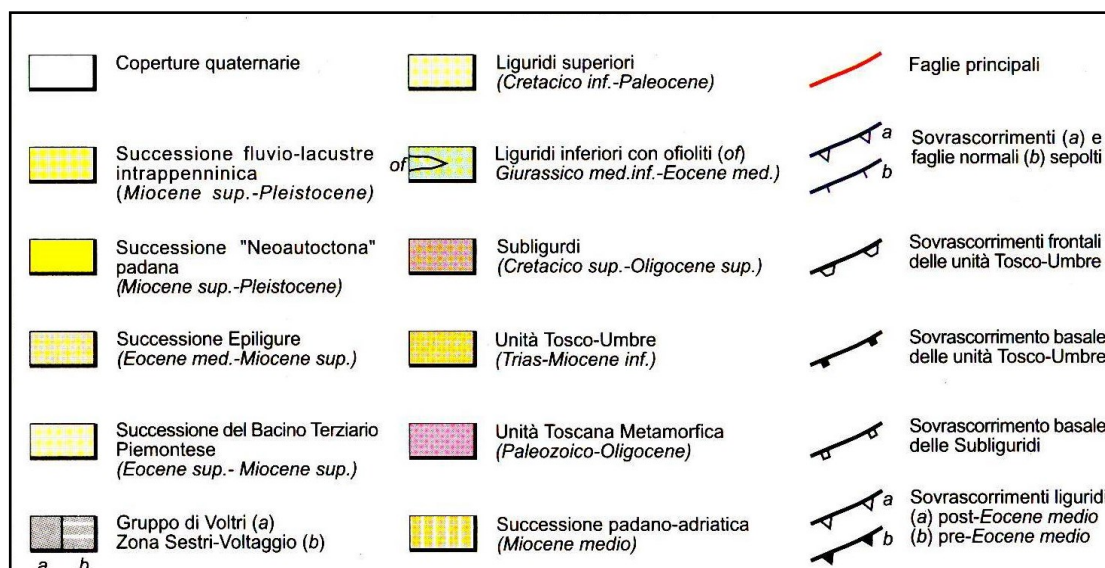


Figura 52 - Estratto da "Schema strutturale dell'Appennino nord-occidentale" - Tavola 1 - Università degli Studi di Parma (1997) Ateneo Parmense, Acta Nat., vol 33,nn.3/4 Anno 1997 e relativa legenda.

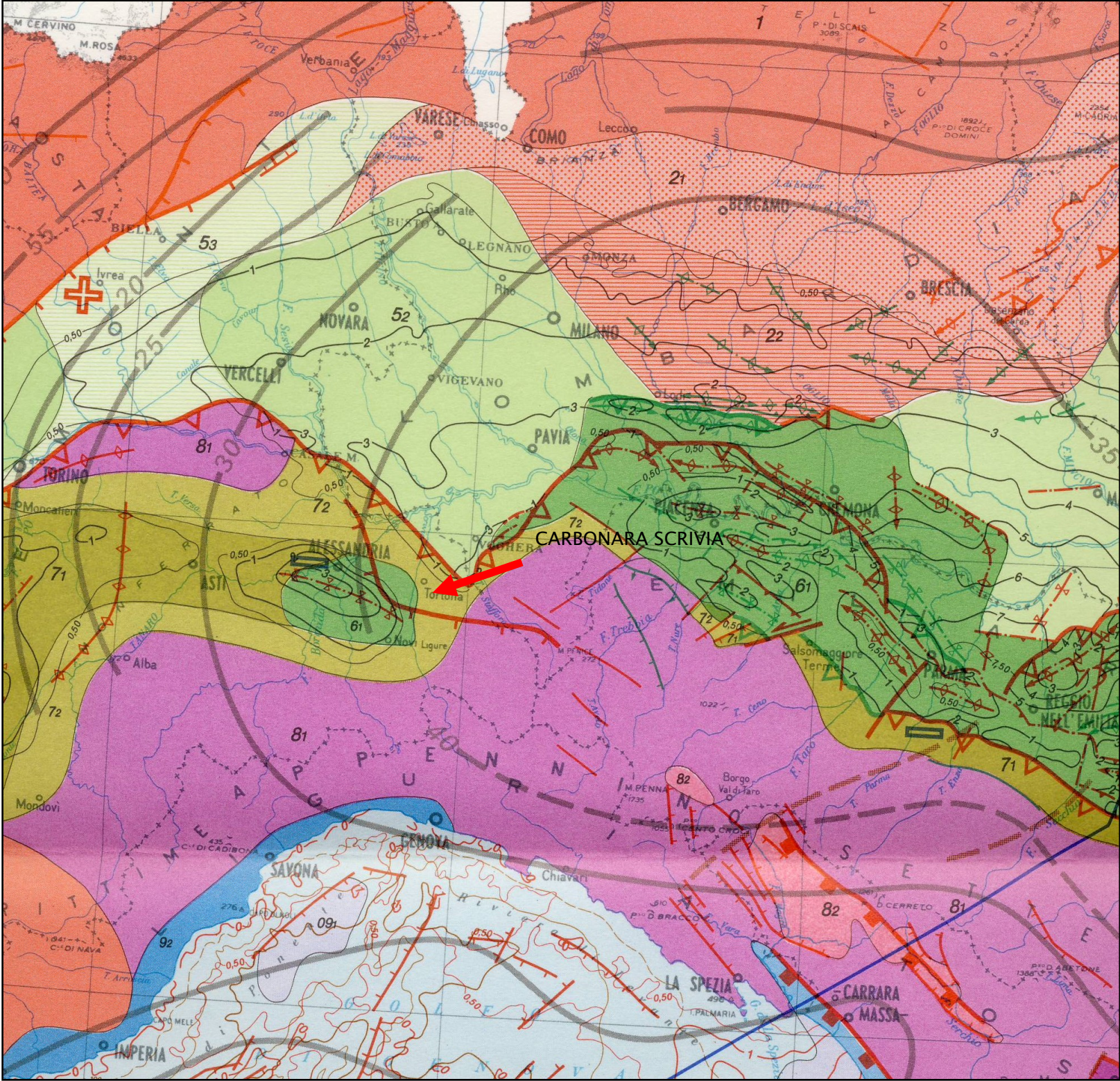
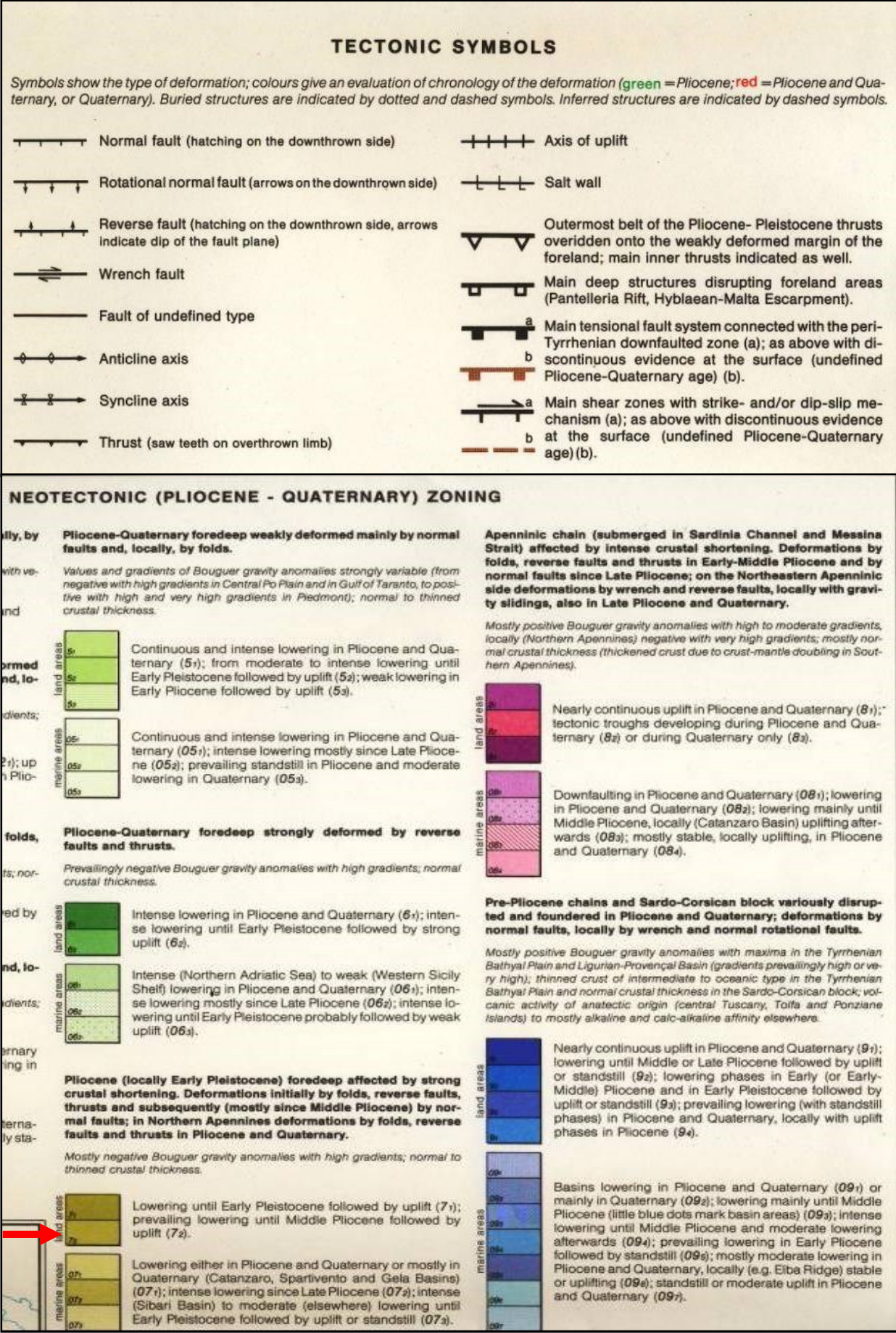


Figura 53 – Estratto “Carta Neotectonic model of Italy” scala 1:1.500.000 – Litografia artistica cartografica Florence Italy e relativa legenda C.N.R. (1987).



In sintesi, gli epicentri dei terremoti maggiormente significativi, per magnitudo e vicinanza, verificatisi in epoca storica, segnalati per il Comune di Carbonara Scrivia (o località più prossime), risultano n. 9, ubicati in aree più o meno limitrofe al territorio comunale:

LOCALITA'	ANNO	MAGNITUDO (Mw)*
Valle Scrivia	1541	5.26
Pavese	1759	4.16
Valle Scrivia	1780	4.16
Oltrepò Pavese	1828	5.72
Liguria Occidentale	1887	6.27
Valle Scrivia	1902	3.70
Valle Scrivia	1913	4.57
Oltrepò Pavese	1945	4.72
Valle Scrivia	2003	4.81

*Dati tratti da *Database Macrosismico Italiano – versione DBMI15*

In questa zona margine dell'appennino nord occidentale, dove risulta ubicato il territorio di Carbonara Scrivia, la sismicità è da attribuire a forze debolmente compressive in atto responsabili del sistema di fagliazione oligocenica, descritta in precedenza, e che interessa il substrato roccioso su cui è impostata la successione sedimentaria del BTP (ca. 30 milioni di anni) che inizia con i sedimenti del pliocene – Argille di Lugagnano – fino al basamento oligocenico costituito dai Conglomerati di Savignone. Le fratture negli ammassi rocciosi creatisi per le spinte tettoniche che causano il sovrascorrimento del fronte appenninico sulla monoclinale padano veneta sono le linee su cui si possono sfogare in sisma le tensioni che si accumulano per i movimenti tettonici. Gli ipocentri sono collocati sempre all'interno di queste linee di fagliazione. Questi ammassi rocciosi ed i rispettivi sistemi di faglie sono ricoperti dai sedimenti del pliocene e del quaternario.

In sintesi, il territorio comunale di Carbonara Scrivia risulta interessato dalle successioni sedimentarie quaternarie dei depositi “padani” e mioceniche del Bacino Terziario Piemontese (BTP), poggianti sull'unità del flysh dell'Antola.

I sedimenti quaternari sopra le formazioni plioceniche, nell'ambito del territorio comunale, possono avere una potenza massima di ca. 20 m per cui il materasso non può contribuire significativamente all'attenuazione dell'energia sismica. Sono, tuttavia, possibili amplificazioni dovute ai passaggi da corpi litologici più rigidi a corpi più molli che condizionano la modalità di propagazione dell'energia sismica.

Si definisce strato sismogenetico l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, ovvero l'intervallo in cui presumibilmente avverranno i prossimi eventi sismici. La profondità di questo strato viene definita “profondità efficace”.

La mappa di Figura 54 è stata ricostruita da INGV elaborando statisticamente, in base al valore della moda e della forma di distribuzione di frequenza degli eventi in funzione della profondità (in Km), i dati del catalogo della sismicità strumentale 1983–2002 (costituito da oltre 13.600 eventi, pari a ca. il 28% del totale degli eventi presenti in catalogo).

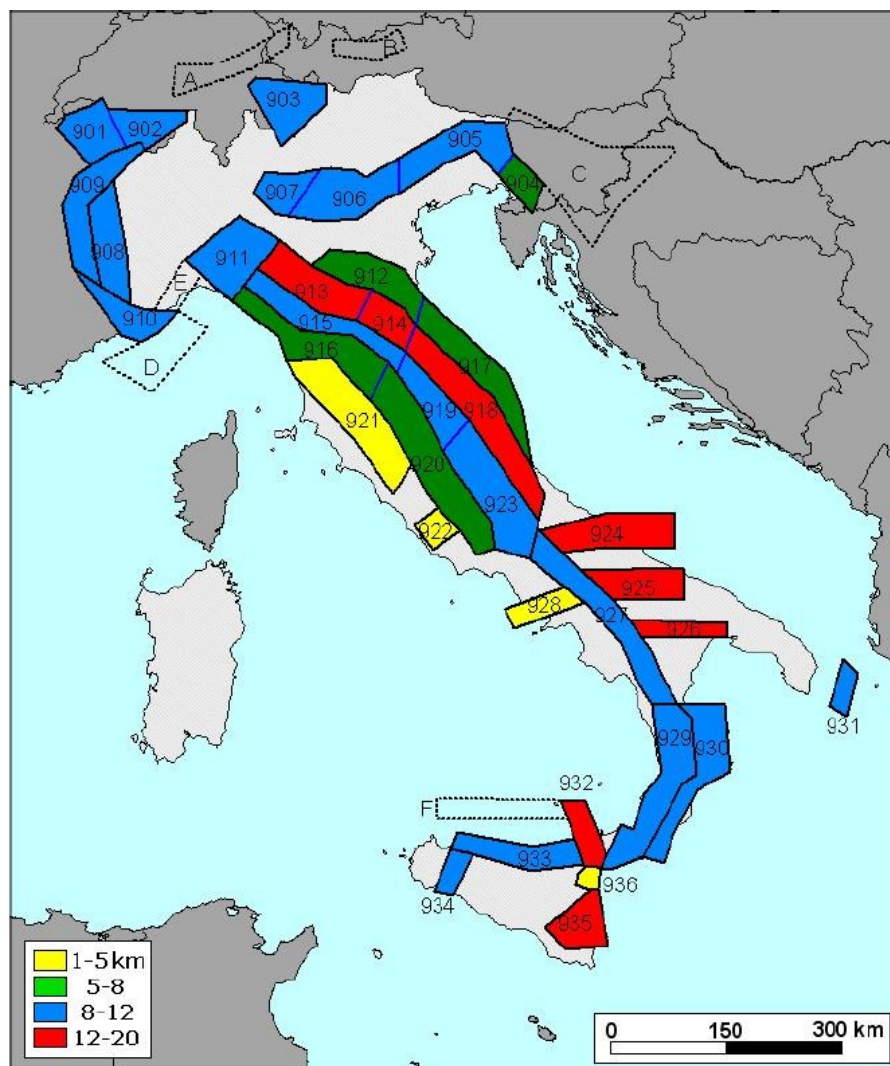


Figura 54 – Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche ZS9 – Gruppo di Lavoro per la redazione di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Nella zona sismogenetica 911, porzione di territorio alla quale appartiene anche il Comune di Carbonara Scrivia, i dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'INGV (marzo 2004) evidenziano che in questi anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata sia stata di 4.1 Md, la profondità efficace è di 8 Km, e che la maggior parte dei terremoti che si verificano hanno basse magnitudo, indicando così un frequente movimento che ha funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area per via delle azioni debolmente compressive in atto relativamente alla zona dell'Appennino nord-occidentale. In tabella 5 sono riportati i dettagli delle misurazioni effettuate per la zona 911.

Tabella 5 – Dettagli misurazioni zona 911 (Fonte App. 2 al Rapporto Conclusivo Zonazione sismogenetica ZS9 -INGV)

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
911	126	91	18	4.1	8-12	8

I caratteri che contraddistinguono la zona 911 sono riportati in tabella 6. La magnitudo massima prevista Mw è pari a 5.68, anche se la magnitudo massima stimata dai terremoti storici ricavata dai cataloghi, per l'intera area, risulta compresa tra 5 e 5.5 (Terremoto della "Valle Scrivia" del 1541).

Tabella 6 – Caratteristiche principali delle zone della ZS9 con evidenziata la zona sismogenetica 911 (Fonte App. 2 al Rapporto Conclusivo Zonazione sismogenetica ZS9 -INGV)

ZS Name	ZS9	MwMax AR	Tassi Mwmax Co-04.2 AR	Tassi Mwmax Co-04.4 AR	b Co- 04.2	b Co- 04.4	MwMax GR	Tassi Mwmax (Co.04.2) GR	Tassi Mwmax (Co.04.4) GR
Savoia	901	5,91	0,21	0,21	-1,18	-1,26	6,14	0,11	0,14
Vallese	902	6,14			-1,26	-1,05	6,14	0,14	0,21
Grigioni - Valtellina	903	5,91	0,21	0,21	-1,26	-1,05	6,14	0,14	0,21
Trieste - Monte Nevoso	904	5,68			-1,12	-1,32	6,14	0,14	0,09
Friuli - Veneto Orientale	905	6,60			-1,06	-1,12	6,60	0,37	0,34
Garda - Veronese	906	6,60		0,14	-1,14	-1,70	6,60	0,11	0,08
Bergamasco	907	5,91	0,14	0,14	-1,71	-1,48	6,14	0,04	0,06
Piemonte	908	5,68			-1,91	-1,67	6,14	0,04	0,06
Alpi Occidentali	909	5,68	0,21	0,33	-1,27	-1,38	6,14	0,10	0,09
Nizza - Sanremo	910	6,37			-1,12	-1,06	6,37	0,14	0,12
Tortona - Bobbio	911	5,68			-1,47	-1,33	6,14	0,05	0,09
Dorsale Ferrarese	912	6,14	0,12	0,12	-1,35	-1,32	6,14	0,12	0,12
Appennino Emiliano-Romagnolo	913	5,91		0,21	-1,80	-1,53	6,14	0,07	0,18
Forlivese	914	5,91			-1,33	-1,23	6,14	0,14	0,21
Carfagnana - Mugello	915	6,60			-1,34	-1,36	6,60	0,11	0,12
Versilia-Chianti	916	5,68	0,21	0,33	-1,96	-1,58	6,14	0,04	0,06
Rimini - Ancona	917	6,14	0,12	0,12	-1,04	-1,01	6,14	0,12	0,12
Medio-Marchigiana/Abruzzese	918	6,37	0,14	0,21	-1,10	-1,11	6,37	0,14	0,21
Appennino Umbro	919	6,37			-1,22	-1,39	6,37	0,26	0,21
Val di Chiana - Ciociaria	920	5,68	0,28	0,33	-1,96	-1,58	6,14	0,06	0,17
Etruria	921	5,91		0,08	-2,00	-2,01	6,14	0,05	0,04
Colli Albani	922	5,45			-2,00	-2,01	5,45	0,37	0,25
Appennino Abruzzese	923	7,06			-1,05	-1,09	7,06	0,14	0,14
Molise-Gargano	924	6,83			-1,04	-1,06	6,83	0,13	0,14
Otanto	925	6,83			-0,67	-0,75	6,83	0,17	0,17
Basento	926	5,91			-1,28	-1,38	6,14	0,10	0,09
Sannio - Irpinia - Basilicata	927	7,06			-0,74	-0,72	7,06	0,43	0,69
Ischia - Vesuvio	928	5,91	0,21	0,21	-1,04	-0,66	5,91	0,21	0,21
Calabria tirrenica	929	7,29			-0,82	-0,79	7,29	0,17	0,17
Calabria ionica	930	6,60			-0,98	-0,89	6,60	0,17	0,21
Canale d'Otranto	931	6,83			-0,63	-0,63	6,83	0,21	0,21
Eolie - Patti	932	6,14			-1,21	-1,08	6,14	0,21	0,33
Sicilia settentrionale	933	6,14	0,21	0,33	-1,39	-1,24	6,14	0,20	0,31
Belice	934	6,14			-0,96	-0,93	6,14	0,20	0,20
Iblei	935	7,29			-0,72	-0,69	7,29	0,12	0,17
Etna	936	5,45	0,33	0,33	-1,63	-1,22	5,45	0,33	0,33

3.2 AMBITO GEOLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 1: Carta geologia – scala 1:10.000 su base BDTre VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I.
---------------------------	--

Geologicamente, il territorio comunale di Carbonara Scrivia risulta costituito, prescindendo dai depositi alluvionali quaternari ad opera dei principali corsi d'acqua della zona, da depositi terziari (miocenici). Sono presenti dal più giovane al più antico:

- **Alluvioni attuali e recenti (a³⁻²);**
- **Fluviale recente (FI³);**
- **Fluviale antico (FI¹);**
- **Marne di S. Agata Fossili (M⁵⁻⁴);**

Le alluvioni attuali e recenti, rappresentate dai depositi, prevalentemente di natura sabbioso-ghiaiosa del cosiddetto "canale di scorrimento" e dell'attuale "letto di esondazione", sedimentati dal T. Scrivia, dal T. Ossona e dai rii minori, occupano con continuità i fondovalle del territorio comunale. Durante il periodo di magra i corsi d'acqua risultano contenuti entro un limitato "canale di scorrimento", divagante all'interno del "letto ordinario" che corrisponde invece al letto dei periodi di morbida delle piene ordinarie. Il "letto ordinario" risulta generalmente racchiuso da modeste scarpate, sia al fondo del "canale di scorrimento" che al terrazzo superiore delle alluvioni recenti.

Il Fluviale recente affiora estesamente ad est del concentrico, nella zona industriale lungo la Strada Statale dei Giovi ed a ovest dello stesso, costeggiando le alluvioni recenti sedimentate dal T. Ossona. Litologicamente è costituito da depositi alluvionali di natura limoso-argillosa e subordinatamente da livelli ghiaiosi e/o pseudociottolosi. I depositi del "Fluviale recente" testimoniano, generalmente, rispetto alle alluvioni oloceniche, una più decisa ed elevata capacità di elaborazione e di competenza delle acque sul materiale trasportato.

Il Fluviale Antico si ritrova ad altimetrie maggiori rispetto ai terrazzi precedenti dove insiste il concentrico comunale. Trattasi di depositi ghiaiosi, sabbiosi e siltoso-argillosi, fortemente alterati, che testimoniano fenomeni di alterazione superficiale di tipo lateritico.

Le Marne di S. Agata Fossili (Messiniano–Tortoniano) affiorano a SE dell'abitato di Carbonara Scrivia, in località Belvedere, lungo la strada comunale per Spineto Scrivia. Sono rappresentate da marne (CaCO_3 circa 35 %) più o meno sabbiose, grigio–azzurre, con locali intercalazioni conglomeratiche. Nella parte superiore i depositi risultano caratterizzati da marne siltose. Tali formazioni risultano superiormente interessate da una copertura eluvio–colluviale, di spessore variabile fino ad un massimo di ca. 10 m, di natura limoso–argilloso–sabbiosa.

Non si rinvenivano strutture attive o aree che possono risentire dei sistemi di fagliazione attivi (rif. "ITHACA – Catalogo delle faglie capaci" dal Portale del Servizio Geologico d'Italia) presenti anche nelle zone ZS adiacenti, o dove possono verificarsi manifestazioni superficiali come le sorgenti termo–minerali per effetti di tettonica.

Ciò premesso al fine di ricostruire l'andamento del tetto del substrato terziario appartenente al complesso formazionale del BTP, sono state elaborate n. 2 sezioni geologiche, la sezione A–A' con direttrice W–E e la sezione B–B' con direttrice S–N (Figura 55). La traccia è ubicata nella Carta geologico – tecnica (Rif. Elineari.shp).

In questa fase di approfondimento di livello 1 il substrato terziario è stato ipotizzato corrispondente al substrato sismico.

3.3 AMBITO GEOLITOLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 1: Carta geologica – scala 1:10.000 su base BDTRé Tavola 3: Carta CGT – scala 1:10.000 su base BDTRé VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I
---------------------------	--

Nell'ambito delle coperture alluvionali presenti nel territorio comunale si distinguono:

- depositi alluvionali prevalentemente di natura sabbioso-ghiaiosa del cosiddetto "canale di scorrimento" e dell'attuale "letto di esondazione", sedimentati dal T. Scrivia, dal T. Ossona e dai rii minori. Questi depositi corrispondono alle unità oloceniche ed occupano la zona di pianura, nel conoide alluvionale generato dai citati corsi d'acqua. Non si ritrovano livelli di sabbie particolarmente sciolte con presenza di falda superficiale e/o di argille sensitive che possono comportare l'effetto di sito "liquefazione delle sabbie", nè in condizioni di potenziale "densificazione", cioè di addensamento improvviso per effetto delle vibrazioni indotte dal terremoto;
- depositi alluvionali costituiti da associazioni di livelli limosi e limoso-argillosi intercalati a livelli ghiaioso-sabbiosi fortemente alterati, che testimoniano fenomeni di alterazione superficiale di tipo lateritico. Questi depositi corrispondono alle unità del Pleistocene ed occupano la porzione centrale del territorio amministrativo di Carbonara Scrivia, in sponda orografica destra del T. Scrivia e sinistra del T. Ossona. Tali depositi testimoniano, generalmente, rispetto alle alluvioni precedentemente descritte, una più decisa ed elevata capacità di elaborazione e di competenza delle acque sul materiale trasportato;
- argille marnose, marne sabbiose, marne argillose e calcari marnosi e livelli conglomeratici corrispondenti alla formazione del BTP nelle varie facies. Occupano la parte sud-orientale del territorio comunale e risultano interessate da coperture limo-argillose e limoso-sabbiose di spessori variabili compresi tra 0 m e 10 m.

3.4 AMBITO GEOMORFOLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 2 “Carta geomorfologica” – scala 1:10.000 su base BDTre VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I
---------------------------	--

L’aspetto geomorfologico del territorio di Carbonara Scrivia è legato strettamente alle caratteristiche dei litotipi dominanti. La predominante parte di pianura è rappresentata dai prodotti degli alluvionamenti pleistocenici ed olocenici dei corsi d’acqua della zona. L’elemento drenante principale di tutto il reticolo idrografico è costituito dal T. Scrivia (n. 19 elenco acque pubbliche R.D. 29.09.19) e, secondariamente, dal T. Ossona (n. 23 elenco acque pubbliche R.D. 29.09.19). Altro elemento drenante secondario è rappresentato dal Rio Magarotto (n. 28 elenco acque pubbliche R.D. 29.09.19), affluente in sponda orografica destra del T. Scrivia.

Nell’ambito di territorio collinare, la “Carta geomorfologica dei dissesti e della dinamica torrentizia” adeguata al PAI non individua alcun tipo di dissesto gravitativo.

Per terreni stabili si intendono quei terreni per i quali gli sforzi ciclici generati dal terremoto rimangono inferiori alla resistenza al taglio che il terreno possiede sotto carichi ciclici; per tali terreni si potrebbero avere fenomeni di amplificazione locale in presenza di particolare condizioni morfologiche, ma non si dovrebbero avere fenomeni di cedimenti o instabilità, a meno di particolari condizioni stratigrafico-meccaniche, per cui l’analisi consiste nel valutare il tipo di sollecitazione che si trasmette dal substrato roccioso alla superficie topografica.

Vengono definiti terreni instabili quelli per cui gli sforzi ciclici indotti dal terremoto raggiungono o superano la resistenza a taglio del terreno; per tali terreni si potrebbero avere deformazioni permanenti, in quanto non sono più in grado di trasmettere gli sforzi indotti.

Nelle zone interessate da movimenti franosi sono possibili cedimenti e amplificazione (nel caso di dissesti di grandi dimensioni – con spessori del corpo di frana superiori a 4 – 5 m).

Lo scuotimento sismico può riattivare o attivare delle frane, soprattutto laddove sono presenti porzioni di territorio prossime all’equilibrio limite e/o con giaciture sfavorevoli alla stabilità. Le frane sismoindotte non differiscono nella loro morfologia e nei loro processi interni dai dissesti gravitativi che si generano in condizioni non sismiche. L’effetto sismico comporta un aumento delle forze di taglio agenti sul pendio e una diminuzione dei valori della resistenza al taglio dei materiali che lo costituiscono.

Nell'ambito dell'analisi dei fattori predisponenti agli effetti di sito sotto l'aspetto geomorfologico, oltre alle forme di instabilità di versante, anche le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta.

E' stato verificato che le aree che presentano particolari condizioni morfologiche, quali quelle caratterizzate da irregolarità topografiche (creste rocciose, cocuzzoli, dorsali, scarpate), dove possono cioè verificarsi localizzazioni dell'energia sismica incidente, con conseguente esaltazione dell'ampiezza delle onde presentano una maggiore pericolosità sismica.

Sono state pertanto analizzati i seguenti fattori:

→ Pendenza versanti

→ Presenza o meno di scarpate e relative caratteristiche geometriche di pendenza e dislivello

→ Presenza o meno di picchi isolati.

Dall'analisi effettuata sul territorio comunale di Carbonara Scrivia, alla luce di quanto sopra esposto, non sono stati evidenziati fattori geomorfologici che possono avere un'incidenza sullo spettro elastico di risposta.

Si precisa che per il territorio comunale di Carbonara Scrivia non sono stati individuati orli di scarpata e/o orli di terrazzo con altezza di scarpata maggiore o uguale a 10 m.

3.5 AMBITO GEOIDROLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 4: Carta idrogeologica – scala 1:10.000 su base BDTre VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I
---------------------------	--

Sono state individuate le aree che, all'interno del territorio comunale, presentano soggiacenza della falda freatica molto modesta compresa tra 0÷15 m, in quanto potenziale fattore predisponente ad effetti di sito, in particolare in presenza di sedimenti fini tipo sabbie.

Poiché la falda freatica risulta ospitata in acquifero a componente primariamente granulare, caratterizzato da alternanze ritmiche con livelli argillosi e non in sedimenti fini tipo sabbie pulite, non si verificano, né per potenza né per caratteristiche litotecniche le condizioni predisponenti agli effetti di sito.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Riferimento cartografico:	Tavola 3: Carta CGT – scala 1:10.000 su base BDTre VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I
---------------------------	--

La caratterizzazione litotecnica dei terreni, oltre ad individuare la natura e l'assetto strutturale dei depositi, tiene conto dei risultati di prove in sito e laboratorio, prove speditive con il Pocket Penetrometer e dati di bibliografia. Il territorio esaminato, pertanto, è stato suddiviso in complessi omogenei per caratteristiche geotecniche e geomeccaniche. In questo modo i terreni aventi caratteristiche litotecniche simili sono stati suddivisi in quattro macro-gruppi principali.

Le unità sono state pertanto distinte:

1. **Coperture alluvionali costituite da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo e ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GM – GC).** I livelli prevalentemente granulari sono caratterizzati da: $C = 0$, $\phi = 27 \div 35^\circ$, $\gamma = 17 \div 19 \text{ KN/m}^3$. I livelli coesivi presentano: $\phi_u = 0$, $C_u = 20 \div 80 \text{ Kpa}$, $\gamma = 17 \div 19 \text{ KN/m}^3$. La giacitura risulta generalmente orizzontale. Per quanto riguarda le caratteristiche geofisiche si è fatto riferimento ad un'indagine tipo MASW effettuata nel territorio. La Vs30 rappresentativa può essere indicativamente 340 m/s.
2. **Coperture alluvionali costituite prevalentemente argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (CL).** I livelli prevalentemente granulari sono caratterizzati da: $C = 0$, $\phi = 20 \div 30^\circ$, $\gamma = 17 \div 19 \text{ KN/m}^3$. I livelli coesivi presentano: $\phi_u = 0$, $C_u = 10 \div 50 \text{ Kpa}$, $\gamma = 17 \div 18 \text{ KN/m}^3$. Per quanto riguarda le caratteristiche geofisiche ad un'indagine tipo MASW effettuata nel territorio. La Vs30 media rappresentativa può essere indicativamente 395 m/s.
3. **Coltre eluvio-colluviale costituite prevalentemente Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML)** I livelli prevalentemente granulari sono caratterizzati da: $C = 0$, $\phi = 20 \div 30^\circ$, $\gamma = 17 \div 19 \text{ KN/m}^3$. I livelli coesivi presentano: $\phi_u = 0$, $C_u = 10 \div 60 \text{ Kpa}$, $\gamma = 18 \div 19 \text{ KN/m}^3$. Per quanto riguarda le caratteristiche geofisiche ad un'indagine tipo MASW effettuata nel territorio. La Vs30 media rappresentativa può essere indicativamente 460 m/s.
4. **argille marnose, marne sabbiose, marne argillose e calcari marnosi con subordinata presenza di livelli arenacei e calcarenitici (COS).** Parti alterate, in funzione del grado di alterazione: $\phi_u = 0$, $C_u =$

$20 \div 100$ Kpa, $\gamma = 18 \div 20$ KN/m³. Parti inalterate, in funzione del grado di massività, diagenesi e cementazione: $C = 0 \div 100$ Kpa, $\varphi = 20 \div 25^\circ$, $\gamma = 18 \div 20$ KN/m³.

Ad ognuna delle sopra citate tipologie di terreno di copertura e di substrato è stato attribuita la codifica secondo standard ICMS. Tenuto conto della limitata estensione delle parti in affioramento della formazione marnosa e/o delle zone con spessori di copertura della coltre uguali o inferiori a 3 m, per problemi cartografici, non è stato riportato nella carta geologico-tecnica il relativo graficismo. L'ubicazione è stata esclusivamente segnalata tramite il simbolo di giacitura degli strati. Si rimanda al paragrafo relativo alla carta Geologico-tecnica per i relativi approfondimenti.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Relativamente all'area urbanizzata, dall'elaborazione dei dati raccolti, il modello del sottosuolo può essere definito secondo lo schema “terreni di copertura di natura alluvionale e/o eluvio-colluviale a granulometria mista al di sopra del substrato terziario assunto, in questa fase di livello 1, a comportamento rigido”. Lo spessore delle copertura risulta complessivamente di potenza ridotta, dell'ordine di qualche decina di metri, con locali assottigliamenti in corrispondenza delle zone a SE del territorio comunale le quali presentano maggiore acclività.

Ciò premesso, in relazione alle caratteristiche geologiche e strutturali, alla morfologia ai rapporti tra depositi di copertura e substrato e alla distribuzione delle aree in studio sono state ricostruite n. 2 sezioni geologico-tecniche (Fig. 55) utili a prime considerazioni sulla pericolosità sismica locale.

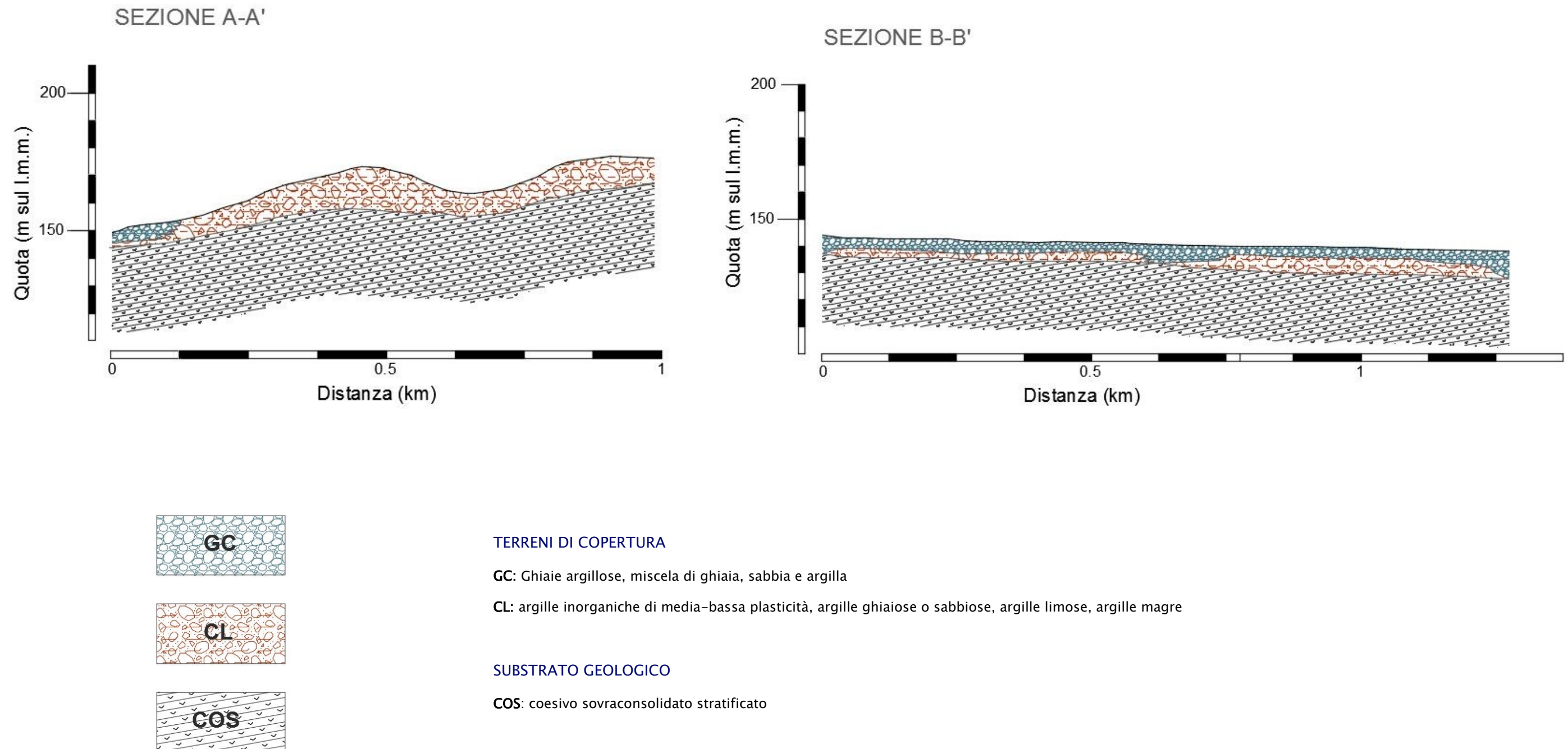


Figura 55 – Sezioni geologiche rappresentative dei rapporti stratigrafici. Le tracce delle sezioni sono state riportate nella Carta Geologico-tecnica.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

In questa fase di livello 1 di MS si è mantenuto, in conformità a quanto previsto dagli ICMS, un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente dalla raccolta organica dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni storiche disponibili.

Con riferimento ai log stratigrafici relativi ai pozzi per acqua ed ai sondaggi si specifica che spesso riportano informazioni con terminologia non univoca per una corretta individuazione del substrato terziario. Ciò premesso, sulla base dell'esame di tali log (Rif. Carta delle indagini), si è ricostruito, secondo un criterio qualitativo basato sulle correlazioni stratigrafiche e litologiche, lo spessore del materasso alluvionale anche attraverso n. 2 sezioni geologiche (Figura 55).

In questa fase di approfondimento, per ragioni pratiche, nell'ottica di voler raggiungere l'obiettivo di una zonazione del territorio secondo microzone omogenee in prospettiva sismica, pur considerando il criterio assolutamente qualitativo e approssimativo, in ragione della limitata raccolta di indagini sismiche, il substrato terziario è stato ipotizzato corrispondente al substrato sismico.

In linea generale rimane, pertanto, in particolare per la zona urbanizzata e di previsione urbanistica, incertezza nell'individuazione del substrato rigido e si rimanda ai successivi livelli di MS l'effettuazione di indagini più specifiche.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1 ATTENUAZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA

Con riferimento al territorio di Carbonara Scrivia, nel passaggio dai sedimenti miocenici più rigidi a quelli meno rigidi quaternari, le onde sismiche rallentano e per la legge di conservazione dell'energia aumentano la loro ampiezza: si verificano pertanto gli effetti di amplificazione dell'accelerazione massima A_{max} , in funzione delle caratteristiche dei parametri dinamici dei terreni.

Variazioni di ampiezza delle vibrazioni e delle frequenze del moto si possono avere anche dalla superficie di depositi alluvionali, anche con spessori di poche decine di metri a causa dei fenomeni di riflessione multipla e di interferenza delle onde sismiche entro il deposito stesso, con conseguente notevole modificazione rispetto al moto di riferimento.

Se da una parte l'onda sismica subisce un'amplificazione nel passaggio da un suolo più rigido ad uno meno rigido è importante valutare le leggi di smorzamento o attenuazione dell'energia sismica nel suo propagarsi nei sedimenti quaternari in funzione del loro spessore.

Le zone sismogenetiche permettono di definire la severità di un terremoto in un certo sito mediante l'utilizzo di pochi parametri rappresentativi del moto sismico del suolo la cui variazione può essere predetta attraverso le cosiddette leggi dell'attenuazione. Esse consentono di prevedere la riduzione attesa delle accelerazioni massime (a_{max}) in funzione della distanza dalla sorgente [®] e della magnitudo (M).

Le distanze da prendere in considerazione dagli ipocentri comprendono sia lo spessore verticale dei sedimenti sia la distanza orizzontale dall'epicentro. Il valore dell'accelerazione massima attesa in superficie dovuta ad una sorgente (ipocentro) decresce al crescere della distanza epicentrale.

La mappa della pericolosità sismica dovrebbe pertanto essere redatta tenendo conto delle leggi di attenuazione; nel caso del territorio comunale di Carbonara Scrivia, dove lo spessore dei sedimenti quaternari risulta ridotto, la possibile riduzione dell'energia iniziale del sisma e quindi della relativa accelerazione di sviluppo massima attesa dovrebbe essere poco significativa.

7.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA

Le nuove N.T.C. 2008 definiscono le accelerazioni massime A_{max} riferite a suoli di categoria A (substrato rigido) ed i fattori di amplificazione sismica S , sia per effetti topografici S_t , sia per effetti stratigrafici S_s , funzione della categoria dei suoli di fondazione (suoli di categoria B, C, D e E).

Gli effetti di amplificazione litologica e morfologica sono la conseguenza dell'interazione delle onde sismiche con le eterogenee caratteristiche litologiche e meccaniche dei sedimenti attraversati e con le differenti caratteristiche morfologiche delle strutture sedimentarie superficiali o sepolte.

Quando la distanza tra la sorgente sismica e sito è riconducibile a condizioni di “far-field” (per definizione: distanze superiori alla lunghezza di rottura della faglia) gli effetti di sito sono i principali responsabili delle modificazioni delle onde sismiche; viceversa, se la sorgente sismica è vicina al sito (condizioni “near-field”) diviene ovviamente non trascurabile anche il contributo di attenuazione anelastica dell'impulso sismico dovuto ai fenomeni di riflessione e rifrazione.

Nel caso dell'incidenza delle onde sismiche in corrispondenza di un'interfaccia non orizzontale tra “bedrock” e coperture recenti (ad esempio alluvionali) si possono avere anche effetti di trasformazione delle onde di volume in onde superficiali orizzontali, anche significativi, al bordo delle incisioni vallive e nelle fasce pedecollinari.

7.3 EFFETTI DI INSTABILITA' DOVUTI A FENOMENI “COSISMICI”

Sono generalmente causati dal decadimento o superamento delle resistenze meccaniche dei sedimenti coinvolti in caso di impulso ciclico (sisma); in condizioni “non drenate” delle coperture sedimentarie attraversate dall'onda sismica si può avere rottura del terreno per la rapida perdita della resistenza di taglio a seguito dell'annullamento delle pressioni effettive (liquefazione ciclica), fenomeno, tuttavia, non verificabile nell'ambito del comune di Carbonara Scrivia, come più approfonditamente trattato nel successivo paragrafo.

Le diverse condizioni litostratigrafiche-morfologiche, la presenza o meno di falda possono dunque indurre meccanismi d'instabilità assai diversi: nel caso di versanti si può avere l'innescio o la riattivazione di frane; la presenza di sedimenti poco profondi con caratteristiche meccaniche scadenti, può favorire rotture e/o deformazioni superficiali; per terreni granulari in-

saturo (sopra falda) sono possibili cedimenti per densificazione mentre per sedimenti granulari fini (sabbie) saturi sono invece possibili fenomeni di liquefazione.

7.4 ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE

Vale la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione, oppure viceversa, possono esserci le energie sufficienti in gioco, ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione.

Con riferimento alle NTC par. 7.11.3.4.2 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella parte alta della Figura 73 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed indicate nella parte bassa della Figura 73 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso del territorio comunale di Carbonara Scrivia, sia per la sismicità storica (magnitudo massima prevista M_w – Magnitudo momento pari a 5.72 – Terremoto della “Oltrepò Pavese” del 1828), sia in base alle caratteristiche litologiche-stratigrafiche (nei depositi alluvionali la componente sabbiosa risulta minima e con distribuzione non uniforme) non si ritiene, pertanto, possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione.

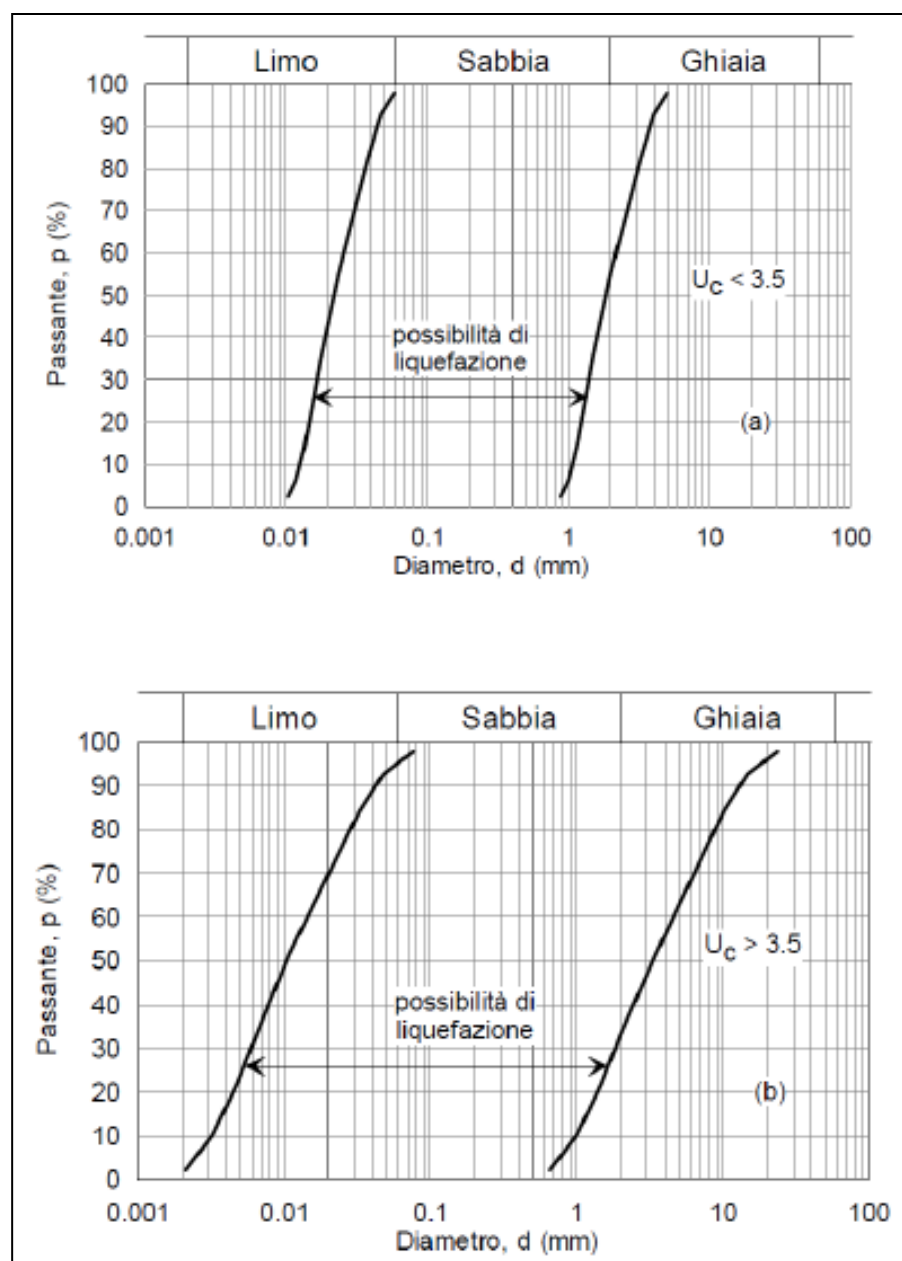


Figura 56 - Estratto par. 7.11.3.4.2 NTC 2008 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (sopra) e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (sotto).

Si precisa, infine, che nel contesto del presente lavoro, la valutazione relativa alla suscettibilità alla liquefazione è puramente qualitativa ed in sede di predisposizione dei piani complessivi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovrà comunque essere verificata la stabilità nei confronti della liquefazione secondo il paragrafo 7.11.3.4 delle NTC/08.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

I dati necessari allo studio di microzonazione sismica sono suddivisibili in dati pregressi e dati ottenuti da nuove acquisizioni geofisiche. I dati pregressi utili per l'elaborazione del modello del sottosuolo sono stati raccolti e riportati con il relativo simbolo associato e catalogati per tipologia.

Le fonti di informazioni sono state:

- l'Archivio Comunale
- la Banca Dati Geologica dell'ARPA Piemonte (<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>)
- la Banca Dati della Provincia di Alessandria
- bibliografia in dotazione allo studio.

I dati ottenuti da nuove indagini geofisiche sono stati:

- n. 4 rilievi sismici tipo MASW.

La campagna di indagini geofisiche è stata eseguita dagli scriventi e l'ubicazione delle indagini sismiche è stata stabilita sulla base di un criterio di copertura areale e sulla base di considerazioni di carattere litologico-stratigrafico.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 65 dati puntuali e di 6 dati lineari. Per l'organizzazione e la rappresentazione delle informazioni, il riferimento utilizzato è il Cap. 2.2 degli ICMS ed in particolare le codifiche riportate nell'elenco di cui al punto 2.2.3, associando le librerie dei simboli proposte dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica indicati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica reperite on line (Rif. standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2), cartografati mediante software Qgis 3 ed archiviati tramite il software del CNR SoftMS versione 4.2.1.

L'ubicazione di tutte le indagini considerate è riportata nella "Carta delle indagini", redatta in scala 1:10.000 e georeferenziata UTM-WGS1984 33N in conformità agli standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2.

Sono state raccolte le seguenti tipologie di indagini:

TIPO INDAGINE/DESCRIZIONE	RAPPRESENTAZIONE IN CARTA	TIPO INDAGINE/ID
Sondaggio a carotaggio continuo	puntuale	S
Piezometro	puntuale	SP
Prova penetrometrica dinamica super pesante	puntuale	DS
Prova penetrometrica dinamica leggera	puntuale	DL
Prova penetrometrica dinamica media	puntuale	DN
Pozzo per acqua	puntuale	PA
Stazione microtremore a stazione singola	puntuale	HVSR
MASW	lineare	MASW
Profilo sismico a rifrazione	lineare	SR

Per quanto riguarda l'archiviazione, tutti i file sono contenuti nella cartella denominata "Indagini", dove è inserita un'altra cartella, denominata "Documenti", nella quale è stata inserita la documentazione nel formato PDF o jpg) delle indagini (lineari e puntuali). Ogni file è stato denominato con il codice identificativo dell'indagine.

Il codice identificativo è una stringa composta da:

- il codice ISTAT della Provincia di appartenenza = 006
- il codice ISTAT del Comune = 030
- sigla identificativa dell'indagine puntuale/lineare = P/L
- numero progressivo delle indagini

Le indagini puntuali risultano pertanto individuate con il prefisso 006030P seguito dal numero progressivo.

Le indagini lineari risultano pertanto identificate con il prefisso 006030L seguito dal numero progressivo.

Le indagini puntuali sono state archiviate nello shape "Ind_pu", a cui sono state associate le tabelle "Sito_puntuale", "Indagini_puntuali" e "Parametri_puntuali" (Rif. § 2.1.1 e § 2.1.3 standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2).

Le indagini lineari sono state archiviate nello shape "Ind_In", a cui sono state associate le tabelle "Sito_lineare", "Indagini_lineari" e "Parametri_lineari" (Rif. § 2.1.2 e § 2.1.4 standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2).

Tutte le tabelle sono state archiviate attraverso il software SoftMS versione 4.0.7 nel database “Cdi_tabelle_006030.mdb” presente nella cartella “Indagini”.

8.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (CGT_MS)

Nella Carta geologico tecnica per gli studi di MS sono state riportate, secondo gli standard della CT per la MS del dicembre 2020, tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionale alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (carta di MS di livello 1).

Per ragioni pratiche si è scelta la scala 1:10.000 della base BDTRE per la rappresentazione finale della carta, mentre il sistema di riferimento utilizzato è UTM-WGS1984 33N ed il software utilizzato è QGIS 3 - Plugin SoftMS versione 4.0.7

La Carta geologico tecnica è stata redatta facendo riferimento:

- alle informazioni contenute nelle carte tematiche di analisi di cui alle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica al P.A.I. sulla base di indagini conformi alla D.G.R. 24/3/2025 N.8-905 e redatte dallo studio scrivente;
- alle informazioni contenute e/o elaborate dalle indagini effettuate e/o raccolte.

In funzione degli elementi da rappresentare e nell’ottica di fornire il maggior supporto possibile alla gestione e analisi delle informazioni mediante sistemi informativi geografici come richiesto dagli standard citati, gli elementi riportati sulla carta sono stati gestiti in file shape: areali, lineari e puntuali ed archiviati nella cartella “GeoTec”.

Le informazioni di **carattere geologico-litotecnico** sono state raggruppate principalmente nello shapefile “GeoTec”. Trattandosi di elementi areali sono state rappresentate come forme poligonali. Si tratta di una zonazione del territorio comunale distinguendo tra i diversi terreni di copertura. Per quanto riguarda le aree di affioramento del substrato geologico o con spessore massimo delle coperture minore o uguale a 3 m, tenuto conto della limitata estensione areale, non sono state riportate in carta in quanto non cartografabili alla scala usata. Sono state, invece, individuate dal simbolo di giacitura strati presente nello shapefile “Geoidr”.

Per descrivere la litologia dei terreni si è fatto riferimento alla suddivisione in classi riportata nei citati standard di rappresentazione ed archiviazione informatica della CT per la MS ispirati all'Unified Soil Classification System, un sistema di classificazione dei suoli composto da una

sigla formata da 2 lettere. Ogni terreno di copertura è stato identificato da un codice presente sia in legenda che in carta. Ogni codice è composto dal codice relativo alla natura dei litotipi prevalenti (Rif. “Codici da utilizzare per il campo “Tipo_gt”” standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2). Ad ogni litotipo prevalente, inoltre, è stato assegnato il codice relativo agli ambienti genetico-deposizionali (Rif. Tabella dei Codici da utilizzare per il campo “Gen” standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2) ed allo stato di addensamento/consistenza presunto (Rif. Tabella dei Codici da utilizzare per il campo “Stato” standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2) .

Nello specifico nella carta geologico-tecnica del territorio comunale di Carbonara Scrivia sono state individuate, in base alla cartografia tematica delle Verifiche PAI, alle osservazioni geologiche di campagna ed ai log stratigrafici reperiti, 4 tipologie di terreni di copertura.

1. “GM_PI”: deposito alluvionale a granulometria mista costituito da alternanze di ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo appartenenti all’ambiente di piana inondabile (pi); stato di addensamento: poco addensato (codice 13)
2. “GC_tf”: deposito alluvionale a granulometria mista costituito da alternanze di ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla appartenenti all’ambiente di “terrazzo fluviale” (tf); stato di addensamento: poco addensato (codice 13)
3. “CL_tf”: deposito alluvionale a granulometria mista costituito da alternanze di argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre appartenenti all’ambiente di “terrazzo fluviale” (tf) antico; stato di consistenza: coesivo moderatamente consistente (codice 24)
4. “ML_ec”: deposito eluvio-colluviale a granulometria mista costituito da alternanze di limi inorganici, sabbie fini limoso o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) appartenente all’ambiente “eluvio-colluviale” (ec); stato di consistenza: coesivo moderatamente consistente (codice 24) a copertura plurimetrica del substrato geologico (COS).

Si segnala che, per esigenze rappresentative, ogni tipologia di terreno di copertura, come da standard CTMS dicembre 2020 ver 4.2, in carta è stata identificata unicamente con la sigla associata al litotipo prevalente.

Si specifica, infine, che non sono state rinvenute aree con roccia affiorante o con presenza di copertura inferiore a 3 m al di fuori di una limitata area, di dimensioni non cartografabili, nella porzione SE del territorio.

Relativamente all'ambito urbanizzato, sono state ricostruite n. 2 sezioni geologiche rappresentative dei rapporti stratigrafici più significativi con la finalità di meglio visualizzare le situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità (Figura 55). Le tracce delle sezioni sono state riportate in carta e rappresentate come elemento lineare (Rif. Elineari.shp). Le stesse, inoltre, potranno in una successiva fase essere utilizzate come tracce di approfondimento per lo studio delle amplificazioni di origine topografica.

Per quanto riguarda l'**aspetto geomorfologico**, il territorio di Carbonara Scrivia è strettamente legato ai processi di dinamica fluviale che hanno modificato l'ambiente fisico della zona portando ad avere un territorio con una predominante parte di pianura. Il contesto collinare è limitato all'area SE del comune e risulta caratterizzato da scarsa acclività. Non si segnalano forme di superficie corrispondenti a dissesti sul territorio, né conoidi alluvionali, falde detritiche o cavità sepolte. Analogamente, non si rilevano elementi tettonico-strutturali significativi ai fini di microzonazione sismica.

Le informazioni di **carattere idrogeologico** sono state inserite nello shapefile "Geoidr". Si tratta di elementi puntuali classificati in tre tipologie:

1. pozzi dove è stata misurata una soggiacenza ≤ 15 m della falda in aree con sabbie e/o ghiaie (codice 31 nella tabella associata);
2. sondaggi/pozzi che hanno raggiunto il substrato (codice 21 nella tabella associata);
3. sondaggi/pozzi che non hanno raggiunto il substrato (codice 22 nella tabella associata).

In carta, accanto ai simboli dei sondaggi/pozzi che hanno raggiunto il substrato rigido, è stata riportata la relativa profondità del substrato, mentre accanto ai sondaggi che non l'hanno raggiunto è riportata la profondità d'indagine.

Nello stesso shape, inoltre, sono stati riportati, con apposita simbologia, i valori di giacitura degli strati tratti dalla "Tavola 1: Carta geologico-strutturale - scala 1:10.000 su base CTR" dello studio di compatibilità al P.A.I. del territorio comunale.

Pertanto sono stati predisposti i seguenti shapefile:

- Geotec.shp (terreni di copertura)
- Elineari.shp (traccia sezione)
- Geoidr.shp (profondità (m) substrato raggiunto da sondaggio o pozzo, profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato, profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie, giaciture strati).

8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Sulla base dell'analisi di tipo qualitativo delle informazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche (rilievi geologico-geomorfologici, valutazione dei processi morfogenetici, campagna piezometrica, esame caratteristiche topografiche, raccolta dati geognostici di indagine, ricostruzione modello geologico-tecnico-litostratigrafico) che ha portato all'approfondimento delle carte tematiche nell'ambito delle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica al P.A.I. (Rif. Carta delle indagini e Carta geologico-tecnica) sono state individuate zone a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale.

Il quadro conoscitivo in ambito geologico-geomorfologico-idrogeologico-litotecnico è stato pertanto finalizzato all'individuazione di "scenari" di pericolosità sismica locale e di conseguenti "effetti" potenzialmente attesi nel territorio comunale secondo la metodologia schematizzata nella Figura 57.

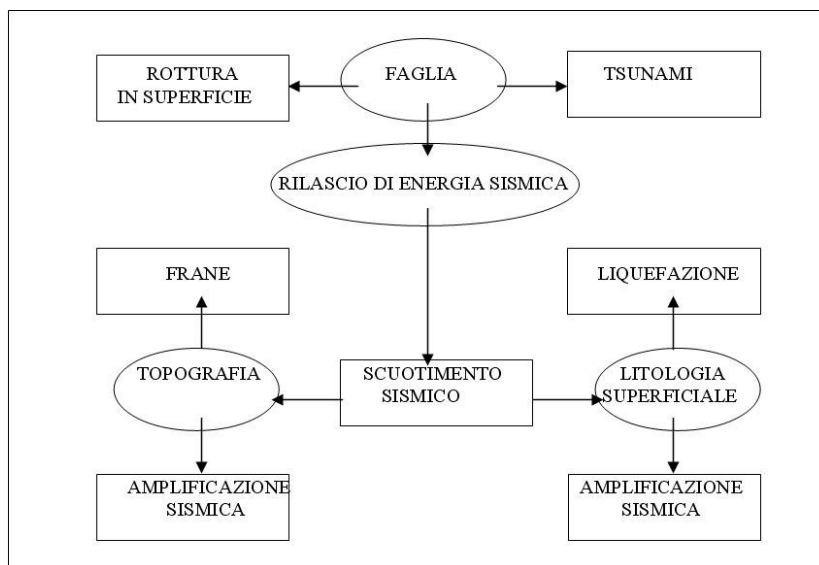


Figura 57 – Pericolosità sismica in ambiente urbano (Bird & Bommer, 2004).

Sono state pertanto definite le microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), ovvero le zone dove sono prevedibili le medesime tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Si tratta di una prima analisi puramente qualitativa basata sul controllo dei dati pregressi (contesto geologico-strutturale, litologico, geomorfologico ed idrogeologico) finalizzata ad individuare le zone che possono produrre instabilità e/o amplificazione senza tuttavia definirne quantitativamente gli appropriati parametri meccanici e sismici.

Si è così elaborata una zonizzazione preliminare di tipo qualitativo a carattere puramente indicativo nella quale si individuano microzone ove è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Nella Carta delle MOPS, prodotta in scala 1:10.000 seguendo le indicazioni fornite al par.2.3 degli ICMS, nel rispetto degli standard per l'informatizzazione degli studi per la MS re-datti dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica, la zonazione del territorio è stata effettuata secondo la classificazione nella seguente categoria:

A. ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI: in queste zone sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Nel territorio comunale sono state individuate n. 3 microzone. Ad ognuna è associata la relativa successione litostratigrafica rappresentativa, in termini di tipologia e spessore, del locale rapporto copertura-substrato a seguito descritta (Figura 58). Ogni microzona è stata codificata (codice: 20xy nella tabella associata allo shape) con numerazione progressiva riportata in legenda (gli standard prevedono xy da 01 a 98). Le microzone di questa categoria sono caratterizzate da colori con gradazione del verde. Si è pertanto effettuata la seguente zonizzazione sismica di massima del territorio comunale:

- **ZONA 1** – sono stati indicativamente inseriti in questa zona, comprendente le fasce longitudinali di territorio di competenza dello Scrivia e dell'Ossona, i depositi olocenici e pleistocenici alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie limose (GM), miscela di ghiaia, sabbia e argilla e, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di spessore compreso entro ca. 20 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli di tipo C, D ed E.
- **ZONA 2** – sono stati indicativamente inseriti in questa zona, comprendente le fasce di territorio comprese lo Scrivia ed l'Ossona al di sotto dei terrazzi antichi, i depositi olocenici e pleistocenici alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie argillose (GC), miscela di ghiaia, sabbia e argilla e, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di spessore compreso entro ca. 20 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli di tipo C, D ed E.
- **ZONA 3** – sono stati indicativamente raggruppati in questa zona i depositi pleistocenici alluvionali antichi costituiti prevalentemente da argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose. Tali depositi rappresentano pressappoco quasi tutta

l'area centrale del territorio comunale. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli di tipo B, C, ed E.

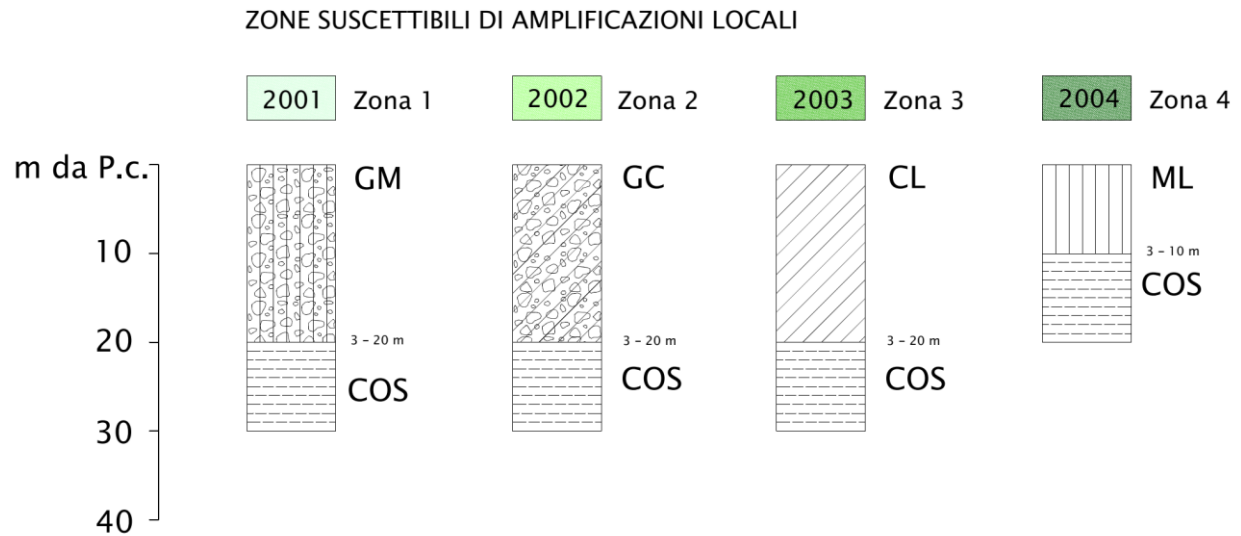
- **ZONA 4** – sono stati indicativamente raggruppati in questa zona i depositi di origine eluvio colluviale rappresentanti le unità di copertura del substrato a carattere coesivo sovraconsolidato. Tale copertura sedimentaria risulta costituita prevalentemente da limi organici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di spessore compreso tra 3 m e 20 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli di tipo B, C ed E.

Nella carta delle MOPS non sono state individuate discontinuità e/o morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare modifiche della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi e tridimensionali.

In funzione degli elementi da rappresentare e nell'ottica di fornire il maggior supporto possibile alla gestione e analisi delle informazioni mediante sistemi informativi geografici come richiesto dagli standard citati, gli elementi riportati sulla carta sono stati gestiti in file shape: areali ed archiviati nella cartella "MS1".

Pertanto, è stato predisposto il seguente shapefile:

- Stab.shp (zone stabili e zone stabili suscettibili di amplificazioni locali)



TERRENI DI COPERTURA

GM: Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla

GC: Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla

CL: argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille ma-
gre

ML: limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini, limose o argillose limi argillosi di bassa plasticità

SUBSTRATO GEOLOGICO

COS: coesivo sovraconsolidato stratificato

Figura 58 – Schemi stratigrafici rappresentativi delle microzone sismiche stabili suscettibili di amplificazioni locali individuate nel territorio comunale.

9. BIBLIOGRAFIA

AAVV, "ATLANTE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA NAZIONALE", SERVIZIO SISMICO NAZIONALE, CSLP, Roma (1986)

ARPA PIEMONTE (2005) – Specifica tecnica in materia di normativa sismica per la definizione delle procedure e degli elaborati geologici a supporto dei Piani Regolatori Comunali e degli strumenti urbanistici esecutivi Testo redatto in collaborazione con ORGP

BAIARDI M. (2003) – Costruzione fabbricato ad uso artigianale industriale – Indagini geognostiche e studio idrogeologico-geotecnico (D.P.R. 328/2001 e D.M. 11/03/88 n.47)

BAIARDI M. (2007) – Fabbricato ad uso artigianale/industriale – Indagine geognostica e studio geologico-geotecnico (D.M. 11/03/88 n.47)

BAIARDI M., SCARPA E.L. (2011) – Manutenzione straordinaria fabbricato – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

BAIARDI M., SCARPA E.L. (2011) – Intervento edilizio in Località C.na Nuova – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

BAIARDI M., SCARPA E.L. (2011) – Ristrutturazione di fabbricato finalizzata alla formazione di una unità abitativa- Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

BAIARDI M., SCARPA E.L. (2011) – Ristrutturazione edificio ad uso residenziale in strada per Villaromagnano- Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

BASSO A. (2003) – Progetto per la costruzione di un fabbricato box-auto- Relazione geologico-tecnica

BOVERI F. (2013) – Richiesta di concessione per box pertinenziale – Studio geologico – geomorfologico- geotecnico di fattibilità

CAPUTO R., FIORE A., PIEDILATO S., SESSA R. (2004) – Analisi dell'amplificazione sismica locale ai fini della pianificazione urbanistica. Caso di studio di Ginestra (PZ) nell'Appennino Meridionale pp. 57-66 *Geologia Tecnica & Ambientale* 1/04

CATALOGO PARAMETRICO CPT15 (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>)

C.N.R. (1981) – Carta tettonica d'Italia, schema preliminare scala 1:500.000 – Grafica editoriale cartografica S.p.A.

C.N.R. (1983) – Synthetic structural-kinematic map of Italy scala 1:2.000.000. S.e.l.c.a. Florence Italy

C.N.R. (1987) – Neotectonic model of Italy scala 1:1.500.000 – Litografia artistica cartografica Florence Italy

C.N.R. (1990) – Structural model of Italy scala 1:500.000. S.e.l.c.a. Florence Italy

C.N.R. (1991) – Structural-kinematic map of Italy scala 1:500.000. S.e.l.c.a. Florence Italy

COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA – Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 2015

COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (2015) – standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – versione 4.0

CORTEMIGLIA F. CORTEMIGLIA G.C. (2003) – La storia geologica e geomorfologica del territorio tortonese Edit. Pro Iulia Dertona

CORTEMIGLIA F. (1993) – Ampliamento fabbricato industriale area proprietà Ivycol Comune di Carbonara Scrivia – Studio geologico-geotecnico

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA Università degli Studi di Parma (1994) Guide Geologiche Regionali 10 Itinerari Appennino Ligure-Emiliano BE-MA Editrice

FERRETTI R. (1996) – Lavori di sistemazione e potenziamento delle strutture aziendali- Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R. (1998) – Ampliamento officina meccanica e fonderia- Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., SCARPA E.L. (2011) – Piano di recupero di iniziativa privata – realizzazione di fabbricato residenziale (D.C.C. N. 17 DEL 28.09.2009) – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., SCARPA E.L. (2012) – Formazione autorimessa – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., SCARPA E.L. (2012) – Ristrutturazione ed ampliamento di fabbricato ad uso direzionale con foresteria e realizzazione piscina – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., SCARPA E.L. (2012) – Costruzione fabbricato plurifamigliare – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., SCARPA E.L. (2012) – Realizzazione nuove autorimesse e muro di contenimento in via Tortona – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., SCARPA E.L. (2012) – Ristrutturazione ed ampliamento di fabbricato scolastico – Studio geomorfologico-geologico-geotecnico

FERRETTI R., BAIARDI M., SCARPA E.L. (2016) – Costruzione nuova villa unifamiliare (fg. 5 mapp. 498 – lotto est) – Relazione Geologica-Geotecnica e Sismica ai sensi del D.M. 14/01/2008 e s.m.i.

GHIABUDO G., CLARI P. 6 PERELLO M. (1985) – Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine sud-orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scrivia e Lemme) Boll. Soc. Geol. It.

GRUPPO DI LAVORO MS, (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

ICMS (2020). Gruppo di lavoro MS. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della protezione civile.

http://www.protezionecivile.it/jcms/it/view_pub.wp?contentId=PUB1137

ILICETO V., PERUZZA L., SLEJKO D., ROVELLI A. (2002) – La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori pp. 15–58 *Geologia Tecnica & Ambientale* 3/02

MELETTI C., VALENSISE G. (2004) – Zonazione Sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo, Appendice 2 al documento “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall’Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n. 3274, All. 1 – Rapporto Conclusivo, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.

MORELLI G.L. (2010) – Indagine geologica di supporto al progetto di realizzazione di nuovi capannoni industriali– Studio geomorfologico–geologico–geotecnico

RICCI R. (2013) – Ristrutturazione edilizia di edificio residenziale con ampliamento del 20% e realizzazione di box seminterrato in via Spineto 15 – Comune di Carbonara Scrivia– Relazione geologica

RIGA G. (2008) – Microzonazione sismica procedure per elaborare una carta di pericolosità sismica Dario Flaccovio Editore

SANGIORGI S., FERRARI V. (2010) – L’analisi della pericolosità sismica preliminare dell’ “Area Bazzanese” *Il Geologo dell’Emilia Romagna*

SIMONELLI A.L. (2005) – Elementi di progettazione geotecnica antisismica alla luce delle attuali normative 1° Corso di Formazione e Aggiornamento professionale sul rischio sismico in Piemonte e Valle d’Aosta alla luce dell’O.P.C.M. 3274/2003 e successive disposizioni Dipartimento di Ingegneria – Università del Sannio (BN).

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA (1997) – Schema strutturale dell’Appennino nord–occidentale Tavola 1 – Ateneo Parmense, *Acta Nat.*, vol 33,nn.3/4 Anno 1997

PAGINE INTERNET DI RIFERIMENTO

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/commissione_opcm_3907.wp

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_new.wp?jsessionid=FB14B41035C08400D9541DF400615C5F?contentId=NEW39357

<http://centromicrozonazionesismica.it>