

a cura del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni

La cartografia di microzonazione sismica in Italia: metodi e strumenti

2022

BOOKMS
STANDARD

Collana a cura del **Centro MS**

edizioni
Consiglio Nazionale delle Ricerche

a cura del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni

La cartografia di microzonazione sismica in Italia: metodi e strumenti

BOOKS
STANDARD

Collana a cura del **Centro MS**

edizioni
Consiglio Nazionale delle Ricerche

La cartografia di microzonazione sismica in Italia: metodi e strumenti

A CURA DI

- Giuseppe Cosentino

GRUPPO DI LAVORO

Giuseppe Cosentino
*Istituto di Geoscienze
e Georisorse (IGG) del
Consiglio Nazionale delle
Ricerche (CNR)
Pisa, Italy*

Monia Coltella
*Istituto di Geologia
Ambientale e
Geoingegneria (IGAG) del
Consiglio Nazionale delle
Ricerche (CNR)
Roma, Italy*

Francesco Pennica
*Istituto di Geologia
Ambientale e
Geoingegneria (IGAG) del
Consiglio Nazionale delle
Ricerche (CNR)
Roma, Italy*

Emanuele Tarquini
*Istituto di Geologia
Ambientale e
Geoingegneria (IGAG) del
Consiglio Nazionale delle
Ricerche (CNR)
Roma, Italy
(fino a ottobre 2020)*

COORDINAMENTO EDITORIALE

Cristina Di Salvo
*Istituto di Geologia
Ambientale e
Geoingegneria (IGAG) del
Consiglio Nazionale delle
Ricerche (CNR)
Roma, Italy*

Federica Polpetta
*Istituto di Geologia
Ambientale e
Geoingegneria (IGAG) del
Consiglio Nazionale delle
Ricerche (CNR) Roma, Italy*

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE

Claudia Illuzzi



Consiglio Nazionale delle Ricerche

La simbologia degli allegati e le figure del Volume sono state realizzate da Giuseppe Cosentino

https://doi.org/10.32053/LA_CARTOGRAFIA_DI_MICROZONAZIONE_SISMICA_IN_ITALIA_METODI_E_STRUMENTI_2022

CODICE ISBN *edizione cartacea*: 978-88-8080-512-0 – *edizione digitale*: 978-88-8080-513-7

© Cnr Edizioni, 2020: Piazzale Aldo Moro 7 – 00185 Roma – www.edizioni.cnr.it • bookshop@cnr.it • 06 49932287

DOI: 10.32053/LA_CARTOGRAFIA_DI_MICROZONAZIONE_SISMICA_IN_ITALIA_METODI_E_STRUMENTI_2022

Quest'opera è
distribuita con Licenza
Creative Commons
Attribuzione 4.0
Internazionale



Per citare il presente testo, si raccomanda di utilizzare la seguente dicitura:

Gruppo di Lavoro. La cartografia di microzonazione sismica in Italia: metodi e strumenti. CNR Edizioni, 2022.

sommario

PREMESSA	1
Sergio Castenetto	

01

INTRODUZIONE	2
---------------------	----------

02

BACKGROUND E PRODOTTI DEGLI STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA	6
2.1 Struttura di archiviazione	p. 12
2.2 Il data base delle indagini	p. 15
2.3 Dataset geografici vettoriali	p. 17
2.4 Strumenti informatici per la gestione di un progetto di microzonazione sismica	p. 19

03

LE CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA	22
3.1 Il Livello 1 di microzonazione sismica	p. 25
3.1.1 <i>La carta delle indagini</i>	p. 26
3.1.2 <i>La carta geologico tecnica</i>	p. 28
3.1.3 <i>La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica</i>	p. 35
3.2 Il livello 2 e 3 di microzonazione sismica	p. 38

04

LE CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA CON IL <i>PLUGIN</i> MzS TOOLS	42
4.1 <i>Python plugin</i> di QGIS	p. 45
4.2 I formati dei dati	p. 45
4.3 Installazione del <i>plugin</i> e toolbar principale	p. 47

4.4	Il progetto <i>Geographic Information System</i> (GIS) per la microzonazione sismica	p. 48
4.5	Inserimento dati nel geodatabase	p. 52
4.6	Importazione dei dati da un progetto di microzonazione sismica esistente	p. 54
4.7	Lo strumento copia oggetti "Stab" ed "Instab" tra diversi livelli di microzonazione sismica	p. 55
4.8	Lo strumento di esportazione dei dati	p. 55
4.9	Layout di stampa	p. 56
4.10	Manualistica e video guide	p. 57

BIBLIOGRAFIA

58

ALLEGATI

60

	<i>La cartografia di microzonazione sismica in Italia: metodi e strumenti</i>	p. 61
--	---	-------

ENGLISH SECTION

92

01	Seismic Microzonation mapping in Italy: methods and tools	p. 93
02	Seismic microzonation maps	p. 94
03	Tools for seismic microzonation maps	p. 96

RINGRAZIAMENTI

100

PREMESSA**Nel 2008,**

anno nel quale vennero approvati dal Dipartimento della Protezione civile e dalla Conferenza delle Regioni e Province autonome gli "Indirizzi e criteri per gli studi di microzonazione sismica", gli esempi di caratterizzazione del territorio in chiave sismica erano pochi e disomogenei, realizzati sempre dopo eventi sismici importanti (Friuli 1976, Irpinia 1980, Umbria Marche 1997, Molise 2002). Poche anche le ricadute dei risultati sulla ricostruzione. Il 2008 rappresenta, dunque, un momento di svolta per gli studi di microzonazione sismica e gli "Indirizzi e criteri" divengono, da allora, il riferimento nazionale, insostituibile per chiunque intenda affrontare tale problematica nel nostro Paese. I finanziamenti resi disponibili con la Legge n. 77/2009 (Legge Abruzzo), seguita al disastroso terremoto Aquilano del 2009, hanno poi permesso di avviare un programma nazionale di microzonazione sismica, giunto ormai al decimo anno di attività, attraverso il quale sono stati realizzati dalle Regioni circa 4000 studi, conformi agli indirizzi e standard nazionali, a seguito della verifica e conseguente parere di conformità espresso da una apposita Commissione tecnica interistituzionale di supporto e monitoraggio, alla quale partecipano tutte le Regioni e gli ordini professionali (geologi, ingegneri, architetti, geometri), oltre che i rappresentanti delle associazioni territoriali (ANCI, UPI, UNCEM).

Nei dieci anni di attività molte cose sono cambiate, sono state migliorate, rese più efficienti facendo tesoro dell'esperienza che si andava maturando. Gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica, uno strumento dinamico che ha consentito di garantire l'omogeneità degli studi, hanno subito una progressiva evoluzione giungendo nel 2020 alla versione 4.2. Ciò ha reso necessario, parallelamente, aggiornare e pubblicare altrettante versioni di Soft MS, lo strumento informatico predisposto per l'archiviazione dei dati utili alla redazione delle cartografie.

Nelle occasioni di confronto con i professionisti impegnati nella realizzazione degli studi sono emerse frequentemente richieste di chiarimento in merito all'interpretazione e applicazione degli standard. Il pregio di questa pubblicazione è insito nello sforzo di sintesi, schematizzazione e semplificazione compiuto, considerando la complessità della materia e le tante, diverse articolazioni previste per rappresentare il comportamento del territorio in condizioni dinamiche. L'aver fornito, poi, uno strumento GIS (MzS Tools) funzionante in ambiente non proprietario (QGIS) e quindi facilmente usufruibile dagli utenti, costituisce un apprezzabile valore aggiunto.

La microzonazione sismica è oggi una metodologia di studio ormai consolidata, parte del bagaglio culturale dei professionisti, ben conosciuta e imprescindibile per affrontare la pianificazione del territorio o a supporto di scelte progettuali, non solo nelle fasi di ricostruzione post-sisma. Questo volume rappresenta dunque un'efficace sintesi degli argomenti coinvolti dagli studi di microzonazione sismica ed uno strumento utile a coloro che intendano o debbano approfondire il comportamento dei terreni in condizioni sismiche.

SERGIO CASTENETTO

*Dipartimento della Protezione civile
Segretario Commissione Tecnica MS
(ex art. 5 OPCM 3907/2010)*

01

INTRODUZIONE

1.1 INTRODUZIONE

A seguito di Opcm n.3907 del 13 novembre 2010,

attuazione dell'Articolo 11 del Decreto Legge del 28/04/2009 n. 39, convertito, con modifiche, dalla Legge 24/06/2009 n. 77, vengono pubblicati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica"¹(di seguito Standard MS), aventi come obiettivo la definizione della struttura di archiviazione dei dati e delle modalità di rappresentazione cartografica degli studi di microzonazione sismica (di seguito MS).

Dal 2010 ad oggi sono state pubblicate sei versioni degli Standard MS:

1. versione 1.5 del 2010,
2. versione 2.0 del 2012,
3. versione 3.0 del 2013,
4. versione 4.0.b del 2015,
5. versione 4.1 del 2018,
6. versione 4.2 del 2020.

La realizzazione di questo Volume nasce dall'esigenza di creare uno strumento pratico e di facile comprensione per chi realizza e consulta dati e mappe di MS.

In questo lavoro si descrivono gli strumenti utilizzati per creare la banca dati e la cartografia di MS per il territorio nazionale italiano, secondo i concetti esposti negli Standard MS. Negli **Allegati** vengono descritti i simboli con le specifiche geometriche in modo da renderli disponibili per la condivisione in *software* di grafica professionale.

Una carta di MS è un elaborato di sintesi che riporta una serie di informazioni di natura geologico-tecnica, geomorfologica e geofisica sul modello di sottosuolo, elenca le indagini geologiche disponibili e sintetizza la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (FA) di una particolare area di interesse urbano, archeologico o strategico attraverso elementi grafici (simboli lineari, puntuali e poligonal) che rappresentano informazioni geomorfologiche, geologiche, geotecniche e geofisiche a diverso grado di complessità.

Le carte di microzonazione sismica sono prodotte sia nell'ambito professionale che nell'ambito della ricerca scientifica; tuttavia, la progettazione e la preparazione di una mappa tematica può essere un compito difficile a causa della complessità dei concetti e delle informazioni da rappresentare. Questo Volume tenta di facilitare la comprensione, la realizzazione e la diffusione delle mappe di MS attraverso:

- la descrizione delle codifiche della banca dati e dei prodotti cartografici ad essa correlati attraverso gli strumenti informatici attualmente disponibili (**Capitolo 2**);
- la rappresentazione tramite schemi logici (diagrammi di flusso) della struttura dei *layer* in funzione delle diverse operazioni da compiere al fine di ottenere gli output cartografici attesi, per ogni livello di microzonazione sismica (**Capitolo 3**);

¹ Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2020). Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.2. Presidenza del Consiglio dei Ministri-Dipartimento della Protezione Civile, Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome, Roma, pp. 138.

- le istruzioni del *plugin* di QGIS² MzS Tools che permette l'inserimento di dati, l'*editing* geometrico con regole topologiche e la rappresentazione della cartografia tematica conforme agli Standard MS;
- la simbologia, chiara e schematica, riportata negli **Allegati**, per l'uso in programmi di grafica vettoriale professionale come Autodesk AutoCAD® e Adobe Illustrator®, CorelDRAW®, Inkscape ecc. I simboli sono stati costruiti sulla base della codifica esposta degli Standard MS e sono progettati per essere utilizzati nelle mappe con un fattore di scala compresa tra 1:5.000 e 1: 10.000.

MzS Tools rappresenta una novità nel panorama degli strumenti informatici per la compilazione della banca dati e per la redazione della cartografia degli studi di MS in quanto, precedentemente alla sua realizzazione, non esisteva un'applicazione *software* completa che permettesse: la compilazione degli attributi con maschere d'inserimento, il disegno geometrico degli oggetti geografici perfezionato con *editing* topologico e i *layout* di stampa integrati con la simbologia secondo le raccomandazioni degli Standard MS.



02

BACKGROUND

E PRODOTTI DEGLI STUDI

DELLA MICROZONAZIONE

SISMICA ITALIANA

Negli ultimi anni in Italia si è sviluppato un notevole interesse scientifico nell'ambito della microzonazione sismica grazie alla collaborazione attiva fra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ed Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

Il processo è iniziato nel 2006 con l'istituzione di un Gruppo di lavoro composto da tecnici/esperti nominati dalle Regioni, dal DPC ed esperti del mondo della ricerca scientifica per definire degli indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica, che ha portato alla predisposizione di ciò che attualmente costituisce, in Italia, il riferimento per le Regioni, gli Enti locali ed i professionisti che contribuiscono alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica ovvero gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"³, predisposti sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile ed approvati nel 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome.

Gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (di seguito ICMS 2008) contengono le linee guida generali per l'analisi della pericolosità sismica a scala locale applicabile alla pianificazione urbanistica, ed alla pianificazione dell'emergenza. Nel documento, la MS viene definita come "valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo". In sostanza la MS ha lo scopo di riconoscere, ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub-comunale), le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o che possono produrre deformazioni permanenti rilevanti nei terreni su cui sono fondate le costruzioni e le infrastrutture, e di individuare e caratterizzare, in forma cartografica, diversi tipi di zone presenti sul territorio:

Zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti di amplificazione locale del moto sismico o di deformazioni indotte da quest'ultimo: in queste zone, gli scuotimenti attesi sono quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone nelle quali il moto sismico viene amplificato a causa delle caratteristiche lito-stratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio, ma dove non sono attesi fenomeni di instabilità indotti dallo scuotimento sismico;

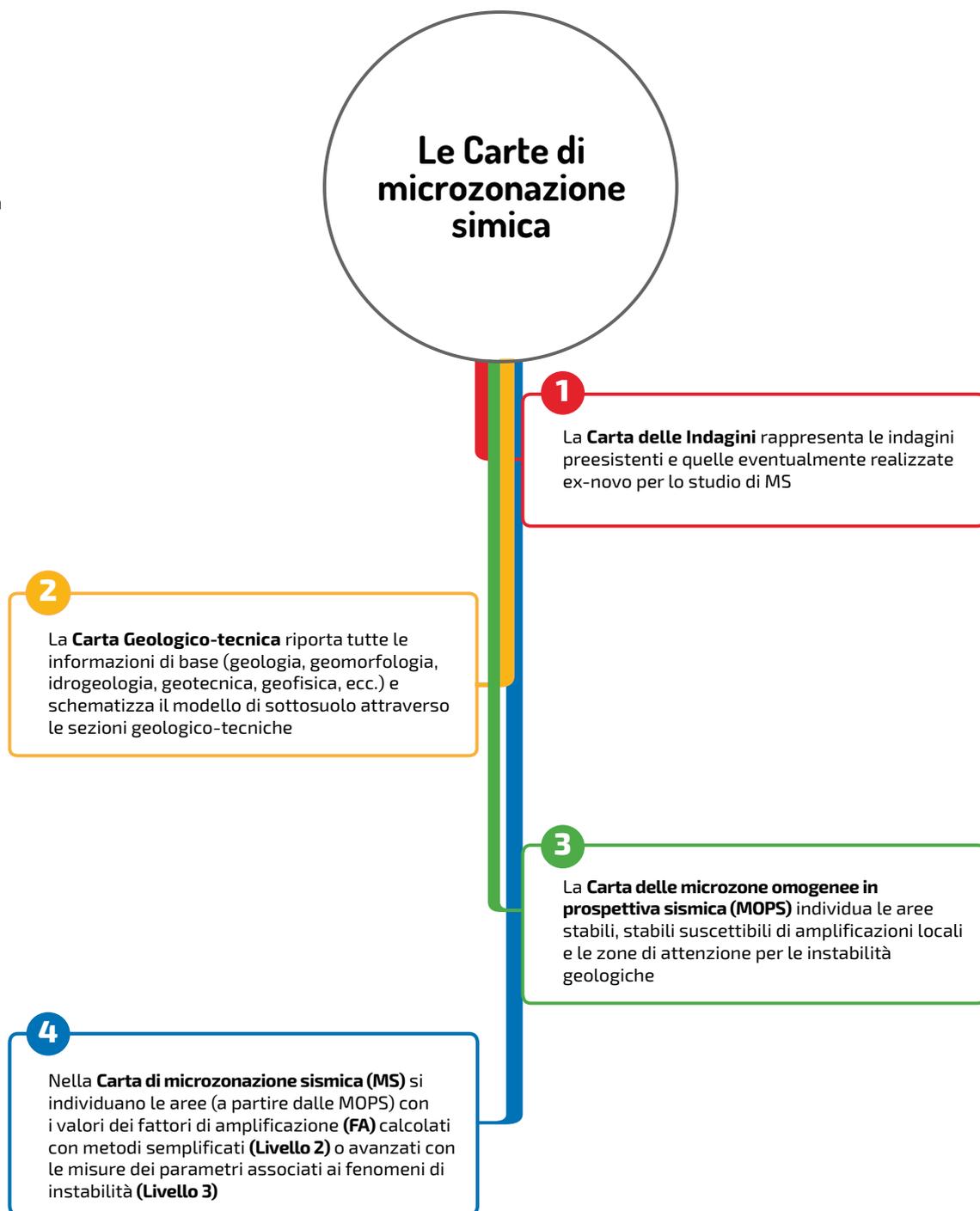
Zone suscettibili di instabilità: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, faglie con fratture e/o dislocazioni in superficie, cedimenti differenziali dei terreni di fondazione).

Per effettuare gli studi di MS è indispensabile la raccolta e l'archiviazione organizzata dei dati geologici, geomorfologici, geotecnici, geofisici, ecc.. Tali dati vengono utilizzati per la creazione del modello di sottosuolo, che costituisce la base informativa necessaria alla realizzazione della cartografia di MS.

Uno studio di MS viene sintetizzato attraverso delle rappresentazioni grafiche di dettaglio di una zona di territorio, in **Figura 2.1** lo schema della cartografia che si articola su 3 livelli di approfondimento:

³ 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.
www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/7-indirizzi-e-criteri-per-la-microzonazione-sismica

FIGURA 2.1
 Gli elaborati cartografici degli studi di MS, rappresentati in un diagramma di flusso che descrive l'ordine di sequenza propedeutico e progressivo per le mappe tematiche della MS.

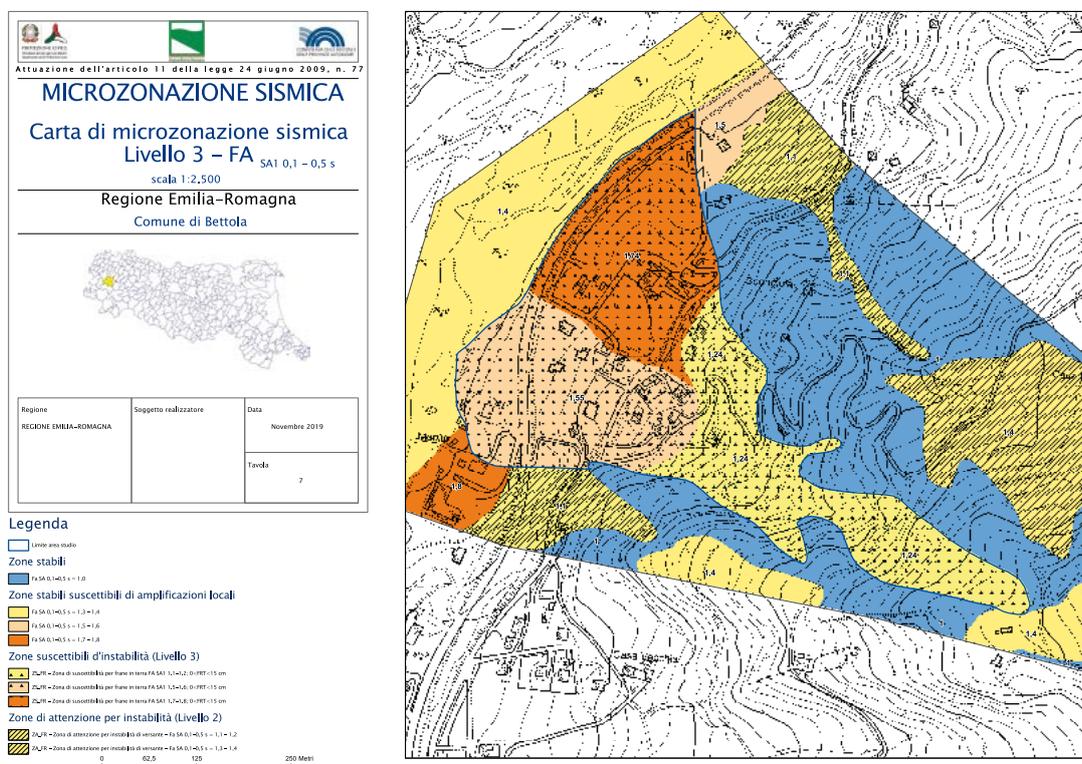


Il **LIVELLO 1** consiste in una raccolta di dati preesistenti, integrati, qualora questi non fossero sufficienti, da apposite indagini finalizzate allo studio della MS, come l'acquisizione delle frequenze naturali dei terreni, i sondaggi geologici, le prove geofisiche (down-hole⁴, MASW, Remi⁵ ecc.). Sulla base dei dati acquisiti si costruisce il modello di sottosuolo e si suddivide il territorio in zone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico (zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione sismica e zone suscettibili di instabilità);

Il **LIVELLO 2** introduce l'elemento quantitativo del "fattore di amplificazione", da associare alle zone omogenee precedentemente individuate nel livello 1, attraverso metodi semplificati, come l'uso degli abachi litostratigrafici per la MS nell'assunzione di una situazione sismo-stratigrafica unidimensionale e morfologia planare;

Il **LIVELLO 3** consiste in analisi avanzate con calcolo numerico dei fattori di amplificazione attraverso nuove indagini *ad hoc* sulle microzone individuate al livello 1 e/o nell'approfondimento del livello 2, in aree caratterizzate da configurazioni sismostratigrafiche e morfologiche complesse o nelle aree classificate come instabili con l'obiettivo di definire quantitativamente l'effetto indotto (movimento del corpo di frana, dislocazione lungo il piano di faglia, ecc.). Nella **Figura 2.2** un esempio di Carta di MS di Livello 3 del Comune di Bettola – Regione Emilia Romagna (http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/pnsrs/allegati/033004_0171MZS/Tav7_Carta%20di%20Microzonazione%20sismica%20FA%20SA%200,1-0,5.pdf).

FIGURA 2.2
Esempio di Carta di livello 3 (modificata) del Comune di Bettola (Regione Emilia Romagna).



- 4 La prova down-hole è finalizzata alla determinazione dei profili delle onde sismiche di compressione, P, e di taglio, S, con la profondità. Essa consiste nel produrre sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle onde dirette, P ed S, alle varie profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto.
- 5 I metodi MASW e Remi consentono di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità. Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che si basa sulla misura delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) eseguita in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo, essa è considerata una prova sismica di tipo "attivo" in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite energizzazione con mazza battente. L'analisi Remi rientra nei metodi di sismica "passiva" che consistono nel registrare microtremiti, cioè rumori ambientali dovuti a sorgenti naturali e/o artificiali. L'acquisizione prevede disposizioni multi-geofoniche come per la prova sismica a rifrazione e per il metodo MASW è l'utilizzo di un sismografo multicanale.

FIGURA 2.3
Alcuni dei simboli
cartografici per le
indagini, tratta da
Standard MS versione
4.2.

Descrizione	Indagini	Tipo indagine/ID
Stratigrafia zona MS (teorica)		SMS
Sondaggio a carotaggio continuo		S
Sondaggio a distruzione di nucleo		SD
Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato		SS
Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato		SDS
Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni		SC
Sondaggio con piezometro		SP
Sondaggio con inclinometro		SI
Prova penetrometrica in foro (SPT)		SPT
Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)		CPT
Prova penetrometrica statica con punta elettrica		CPE

Uno studio di MS si articola in tre livelli di studi ed approfondimenti, per ognuno dei quali sono previsti una serie ben definita di prodotti cartografici e di attributi da inserire all'interno della relativa banca dati, le cui specifiche sono descritte negli Standard MS. Gli elaborati cartografici di MS previsti sono:

- la Carta delle Indagini (di seguito Cdl);
- la Carta Geologico-tecnica per la MS (di seguito CGT-MS);
- la Carta delle microzone omogenee (di seguito Carta delle MOPS);
- la Carta di Microzonazione Sismica (di seguito Carta di MS) contenente gli elementi di Livello 2 e Livello 3.

In generale, per ognuno degli elaborati cartografici gli Standard MS indicano:

le **tipologie di dati** necessari per la realizzazione delle carte (ad esempio indagini puntuali, indagini lineari, poligoni che rappresentano i terreni di copertura ed il substrato geologico, ecc.);

le **legende descrittive con i simboli grafici** con cui rappresentare gli oggetti georeferenziati (in Figura 2.3 e 2.4, ad esempio, sono riportati alcuni dei simboli per la rappresentazione delle indagini puntuali e dei terreni di copertura);

i **layout delle carte**, riferibili ai diversi formati (A0, A1, A2), con specifiche riguardanti le dimensioni e la composizione di alcuni elementi quali ad esempio il cartiglio, la legenda ed il posizionamento delle informazioni relative agli autori/professionisti che hanno condotto gli studi di MS. Nella Figura 2.5 il frontespizio della cartografie relativa alla Carta delle MOPS.

FIGURA 2.4
Esempio di definizione della simbologia cartografica per i terreni di copertura tratta da Standard MS versione 4.2.

Terreni di copertura	Tipo_gt	Simbolo	CMYK
Terreni contenenti resti di attività antropica	RI		0,8,14,38 (fondo bianco)
Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	GW		32,0,59,0
Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	GP		
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	GM		
Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	GC		0,10,50,0
Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghialose	SW		
Sabbie pulite con granulometria poco assortita	SP		
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	SM		
Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla	SC		

Gli studi di MS, insieme alla banca dati ed ai prodotti cartografici devono essere accompagnati da una "Relazione Illustrativa" redatta secondo gli ICMS 2008 e gli Standard MS. Tutti i prodotti, inoltre, devono essere inseriti all'interno della struttura di archiviazione definita⁶, costituita da cartelle e file, rispettando una serie di indicazioni riguardanti il numero, il formato, la struttura ed il nome di ogni file.

FIGURA 2.5
Frontespizio delle carte di microzonazione sismica con alcune delle specifiche tecniche contenute negli Standard MS.

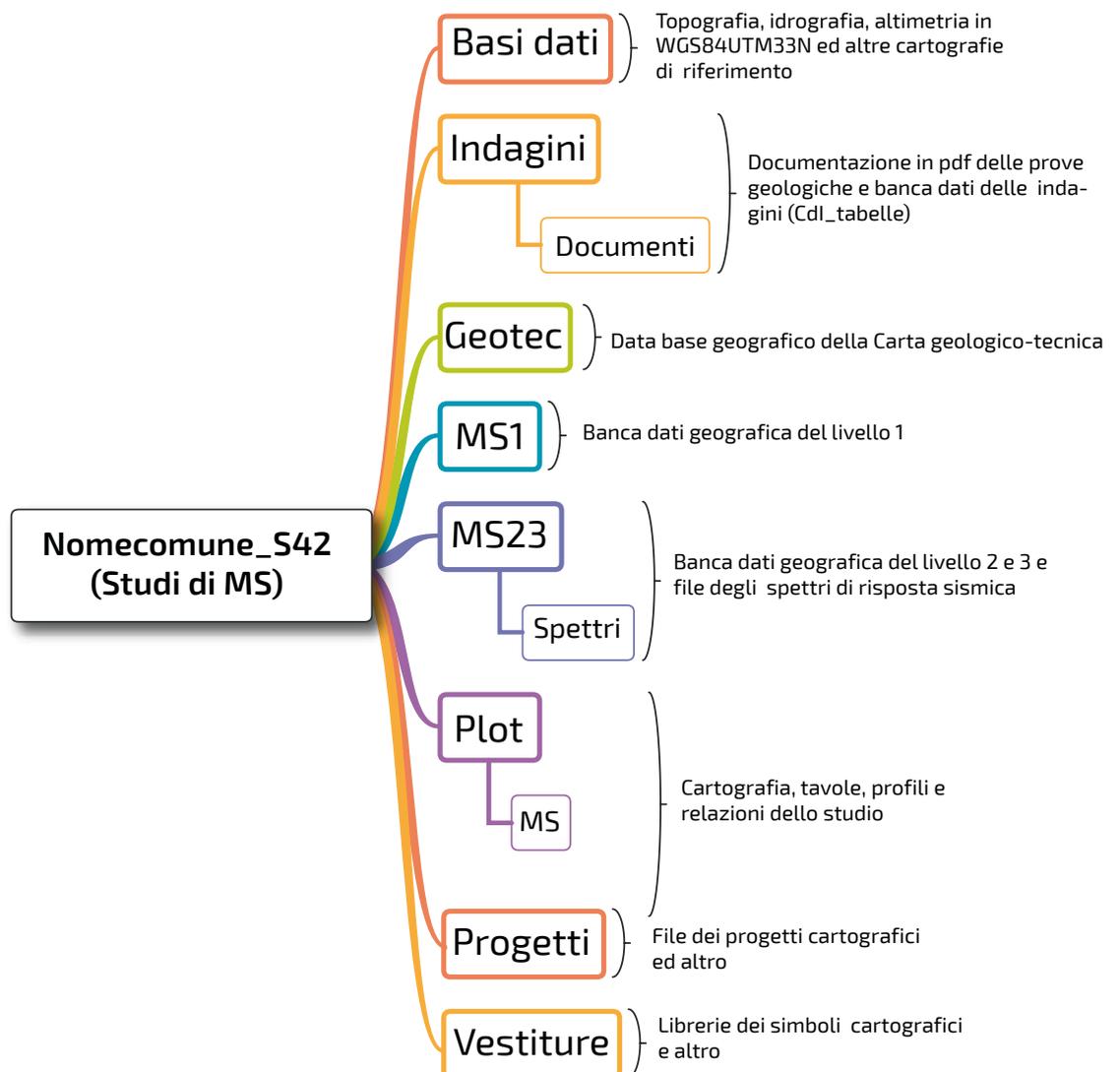


⁶ È molto importante strutturare bene sin dall'inizio l'ambiente di lavoro in modo da non dover intervenire in corso d'opera, o a fine studio, per sistemare eventuali difformità rispetto a quanto previsto dagli Standard MS, consentendo così allo studio di superare più velocemente la fase di istruttoria ed arrivare all'approvazione finale.

2.1 STRUTTURA DI ARCHIVIAZIONE

Uno dei primi passi nella realizzazione di uno studio di MS consiste nella preparazione di uno "spazio di lavoro digitale", destinato a contenere i file relativi a tutti i dati utilizzati ed agli elaborati previsti. Nella prima parte degli Standard MS (Rappresentazione) sono descritte le legende ed i *layout* delle carte, come previsto dagli ICMS 2008 e successive modifiche ed integrazioni, nella seconda parte (Archiviazione) vengono descritte le specifiche per la predisposizione delle strutture di archiviazione dei dati alfanumerici e dei dati di cartografia, con illustrazioni che aiutano la redazione delle mappe. In particolare viene descritta la struttura di archiviazione dei dati delle indagini e dei *layer* vettoriali geografici, la simbologia da utilizzare nelle carte e le codifiche utilizzate nelle tabelle degli attributi. Nella **Figura 2.6** viene illustrato l'albero delle *directory* di un progetto di MS secondo gli Standard MS versione 4.2.

FIGURA 2.6
La struttura delle cartelle del progetto di MS secondo gli Standard MS versione 4.2.



Il *Centro per la Microzonazione sismica e le sue applicazioni*⁷ (CentroMS) attraverso il sito www.centromicrozonazioneismica.it/, all'interno della sezione *Download*, mette a disposizione le due strutture di progetto previste dagli Standard MS: in formato Geodatabase (Nomecomune_S42_Geodatabase) e Shapefile (Nomecomune_S42_Shapefile).

Si tratta di *template* di progetto, costituiti da cartelle e file conformi agli Standard MS. Questi *template* possono essere utilizzati come punto di partenza per strutturare su filesystem uno studio di MS, rinominando la cartella radice e sostituendo "Nomecomune" con il nome del Comune oggetto di studio ("S42" indica che la versione di riferimento degli Standard MS su cui di basa lo studio è la 4.2).

Nel file Nomecomune_S42_Geodatabase è presente la struttura di archiviazione in formato "file geodatabase", comunemente utilizzato in ambienti *software* Esri ArcGIS®. Il file geodatabase è un formato che connette, all'interno di un'unica struttura di archiviazione, sia le informazioni geografiche di tipo geometrico con attributi (oggetti) che semplici tabelle alfanumeriche non georeferenziate. L'utilizzo di questo *template* come punto di partenza può essere indicato nel caso in cui si preveda di utilizzare i *software* Esri® come ambiente GIS e Microsoft Windows® come sistema operativo.

Nel file Nomecomune_S42_Shapefile, vengono invece utilizzati file in formato shapefile per l'archiviazione delle informazioni georeferenziate, ed un database in formato Microsoft® Access per l'archiviazione delle informazioni tabellari delle indagini. Per la gestione del database delle indagini, è consigliabile utilizzare lo strumento "SoftMS"⁸, reperibile anch'esso nella sezione di download del sito Web del CentroMS. Questo *template* permette di utilizzare diversi ambienti *software* GIS, in quanto lo shapefile è un formato universalmente supportato dai *software* per la cartografia. Anche l'utilizzo di questo *template* è vincolato all'uso di un sistema operativo Microsoft Windows® per la gestione della banca dati delle indagini.

Un'altra opzione per la gestione di archiviazione di un progetto di MS, è l'utilizzo del *plugin* di QGIS MzS Tools di QGIS, descritto dettagliatamente nel **Capitolo 4**. Questo *plugin* utilizza, per la gestione di un progetto, una propria struttura di cartelle e file, ma è in grado di generare automaticamente una struttura di archiviazione conforme agli Standard MS tramite una funzione di esportazione.

⁷ Agli inizi del 2015, su iniziativa del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (CNR DTA), è stato costituito il Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (CentroMS). L'accordo costitutivo del CentroMS coinvolge Dipartimenti ed Istituti CNR, Enti di Ricerca e Dipartimenti universitari: Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DSSTTA); Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG), Roma; Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale (IMAA), Potenza; Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA); Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV); Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA); Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS); Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali (DSBGA), Università degli Studi di Catania. Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Politecnico di Milano; Dipartimento di Scienze della Terra (DST), Sapienza Università di Roma; Dipartimento Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente (DSFTA), Università di Siena. Associati al CentroMS: Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino; Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale, Università degli Studi dell'Aquila; Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, "Sapienza" Università di Roma; Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara; Fondazione Centro Europeo di Ricerca e Formazione in Ingegneria Sismica (EUCENTRE); Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università di Napoli Federico II; Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano; Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova; Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, "Sapienza" Università di Roma; Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Firenze; Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino; Dipartimento Universitario di Ingegneria dell'Impresa, Università di Roma Tor Vergata; Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara; Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise; Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia; Sezione di Geologia della Scuola di Scienze e Tecnologie, Università di Camerino Facoltà di Ingegneria e Architettura dell'Università di Enna "Kore" - Laboratorio di Geotecnica e Dinamica dei Terreni; Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR.

⁸ *Software* per l'archiviazione dei dati della carta delle Indagini per la Microzonazione Sismica Convenzione DPC-CNR-IGAG per il supporto al DPC per la realizzazione dell'attività di cui all'OPCM 3907/2010. Responsabili scientifici: Fabrizio Brammerini, Sergio Castenetto, Gian Paolo Cavinato (CNR-IGAG), Giacomo di Pasquale, Giuseppe Naso Sviluppo *Software*: InTime - Spin-Off dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata - Gustavo Eduardo Mizes, Maurizio Ambrosanio e Gianluca Carbone. www.centromicrozonazioneismica.it/it/download

Il *plugin* utilizza un geodatabase in formato "SQLite", con estensioni geografiche Spatialite, per la gestione integrata dei livelli georeferenziati e delle tabelle alfanumeriche. Inoltre, QGIS e MzS Tools sono dei *software open source*, gratuiti e disponibili su tutti i principali sistemi operativi per PC (Microsoft Windows®, macOS® e Linux).

Il progetto, al termine dello studio, dovrà contenere in ogni caso una serie di cartelle e file ben definiti (come riportato nella **Figura 2.6**):

- nella cartella **BasiDati** andranno inseriti i data-set della cartografia di base utilizzata, quali le Carte Tecniche Regionali o altre carte di riferimento, in formato raster o vettoriale e georeferenziate secondo il sistema di riferimento WGS84-UTM33N;
- la cartella **CLE** dovrà contenere l'eventuale studio dell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza⁹;
- la cartella **GeoTec** è destinata a contenere i dataset, denominati "Epuntuali", "Elineari", "Forme", "Geoidr" e "Geotec", utilizzati per la realizzazione della CGT-MS e della Carta delle MOPS (ad eccezione per quest'ultima dei file "Geoidr" e "Geotec"). Questa directory inoltre dovrà contenere la CGT_MS in formato raster georeferenziato e un file immagine della relativa legenda;
- la cartella **Indagini** dovrà contenere, in formato shapefile o in un geodatabase formato MDB¹⁰, i due dataset contenenti i siti relativi alle indagini puntuali e lineari. Questi dataset devono essere accompagnati da un database alfanumerico in formato Microsoft Access, denominato "Cdl_tabelle", contenente una struttura relazionale di tabelle correlate ai dataset geografici delle indagini. In una sotto cartella **Documenti** vanno inoltre posti tutti i file cui si riferiscono i vari campi di tipo "allegato" presenti nel database;
- la cartella **MS1** conterrà i dataset (anche in questo caso in formato shapefile o geodatabase) utilizzati per la realizzazione del livello 1 dello studio di MS, specificatamente i dataset: "Instab", "Stab" e "Isosub";
- la cartella **MS23** avrà lo stesso contenuto della precedente, ma riferito ai livelli 2 e 3 dello studio di MS; in più è prevista la presenza di una cartella **Spettri** in cui può eventualmente essere archiviato lo "Spettro" elastico di risposta di output in superficie, rappresentativo per ciascuna zona, sia in termini di pseudo-accelerazione che in termini di pseudo-velocità con agli accelerogrammi di riferimento;
- nella cartella **Plot** andranno inseriti gli output finali cartografici, ovvero le carte di MS e CLE, in formato digitale, con le relative relazioni illustrative;
- la cartella **Progetti** potrà contenere file di progetto utilizzati con i *software GIS*, come i file .mxd di ArcGIS® ESRI o i file .qgs o .qgx di QGIS;
- in **Vestiture** potranno essere inserite le librerie di simboli, loghi e altri file grafici utilizzati per la realizzazione delle Carte di MS.

Cosa molto importante è che la struttura delle cartelle e la loro posizione e denominazione dei file non deve essere cambiata rispetto a quanto previsto dagli Standard MS; i dati relativi ad un Comune devono essere contenuti all'interno di un'unica struttura, evitando di creare strutture separate, ad esempio le diverse località di uno stesso Comune dovranno essere parte di un unico database; tutti i dataset georeferenziati, sia vettoriali che raster, devono essere basati sul Sistema di Riferimento (di seguito SR) WGS84/UTM zone 33N (EPSG: 32633); la struttura

⁹ www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/25-standardcle-31

¹⁰ Un file MDB è un file di database creato da Microsoft Access, un programma di database relazionale *desktop*. Contiene la struttura del database (tabelle e campi) e le voci del database (righe della tabella). I file MDB possono anche memorizzare moduli di immissione *dati, query, stored procedure, report e impostazioni di sicurezza del database*.

interna del database "Cdl_Tabelle" deve rispettare in modo stringente le specifiche descritte negli Standard MS, facendo in modo che nomi dei campi, codici, tipi di dati numerici o testuali, chiavi primarie ed esterne, ecc. siano ad esse conformi.

I vincoli all'interno della struttura di archiviazione, oltre a consentire rappresentazioni cartografiche omogenee, agevolano la consultazione, la lettura ed il confronto dei risultati degli studi adiacenti.

2.2 IL DATABASE DELLE INDAGINI

L'elemento fondamentale degli studi di MS è costituito dalla definizione di un modello del sottosuolo relativo all'area di interesse; per la costruzione di tale modello è necessario acquisire una serie di informazioni georeferenziate, quali una base topografica del territorio (preferibilmente le Carte Tecniche Regionali in formato vettoriale o raster), informazioni sulle pericolosità geologiche del territorio (frane, liquefazioni, faglie, terremoti, ecc.) carte geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche. Sono inoltre necessari dati litostratigrafici; dati geognostici e geotecnici acquisiti per mezzo di sondaggi geologici; prove *in situ* e di laboratorio su campioni indisturbati; dati geofisici che definiscono le velocità di propagazione delle onde sismiche e le anomalie di densità delle coperture sedimentarie e dei substrati geologici.

Le indagini geognostiche e geofisiche, in generale, contribuiscono principalmente alla definizione del modello del sottosuolo, sulla base di correlazioni geometriche-stratigrafiche delle unità litostratigrafiche presenti e dei parametri fisici e meccanici che le caratterizzano. La conoscenza di tale modello permette di effettuare valutazioni sui fenomeni di amplificazione locale per le zone stabili, su elementi tettonico-strutturali e su eventuali fenomeni di instabilità presenti nelle aree perimetrate.

Nella Cdl l'archiviazione degli attributi alfanumerici è situata in un database relazionale in formato Microsoft Access® (file denominato *Cdl_Tabelle.mdb*) oppure SQLite (file denominato "Cdl_Tabelle.sqlite"), denominato **Cdl_tabelle**. Le tabelle del database sono collegate agli oggetti geometrici georeferenziati contenuti nei due diversi *layer* "Ind_pu" (contenti i siti delle indagini puntuali) ed "Ind_ln" (contenti i Siti delle indagini lineari).

Nel caso si adoperi lo shapefile per i dataset geografici, la cartella Indagini del progetto dovrà contenere due file denominati "Ind_pu.shp" e "Ind_ln.shp".

La relazione esistente fra i "Siti" e le "Indagini" è di tipo "1 a molti" (Figura 2.7). Il **Sito** è quindi considerato come un "luogo" caratterizzato da informazioni geografiche quali coordinate, quota sul livello del mare e codice ISTAT del Comune, nell'ambito del quale siano state eseguite una o più **Indagini** di diverso tipo. Ad ogni indagine corrispondono, sempre in rapporto "1 a molti", uno o più **Parametri**, ovvero le singole osservazioni o misurazioni effettuate, *in situ* o in laboratorio, nell'ambito dell'indagine. Nel caso di indagini puntuali che restituiscono valori originariamente prodotti in forma tabellare (curve) viene data la possibilità di archiviare, all'interno della tabella **Curve**.

Infine, la struttura del database prevede la presenza di una tabella **Metadati**, utilizzata per archiviare le informazioni principali riguardanti il "progetto" di MS nel suo insieme, vale a dire: la proprietà dei dati, i vincoli di utilizzo, i contatti del professionista incaricato, ecc.

Le informazioni da inserire nelle diverse tabelle che costituiscono il database sono dettagliatamente descritte negli Standard MS con illustrazioni e tabelle che riportano il nome e le tipologie dei campi (testuali, numerici) e le codifiche da utilizzare.

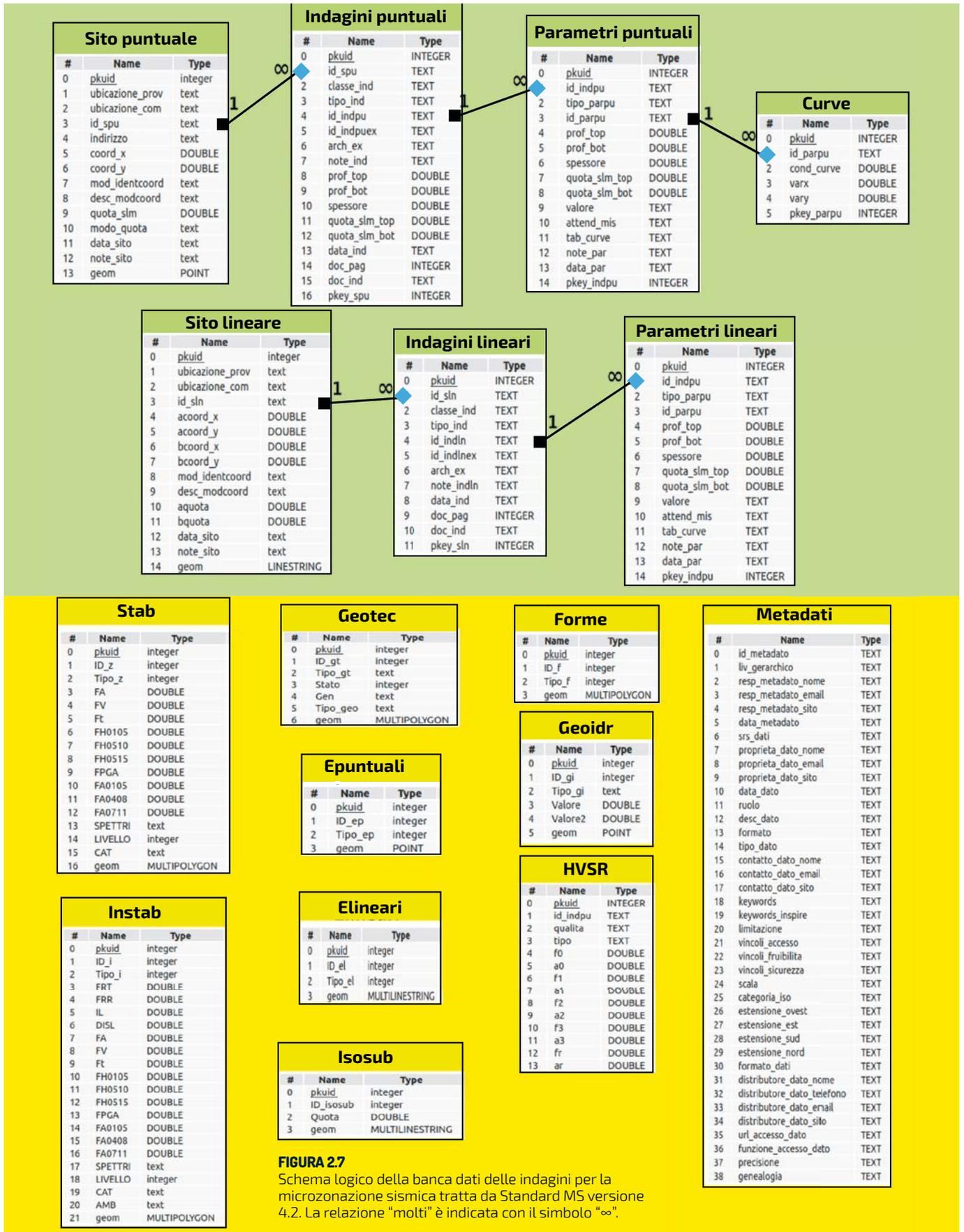


FIGURA 2.7
 Schema logico della banca dati delle indagini per la microzonazione sismica tratta da Standard MS versione 4.2. La relazione "molti" è indicata con il simbolo "∞".

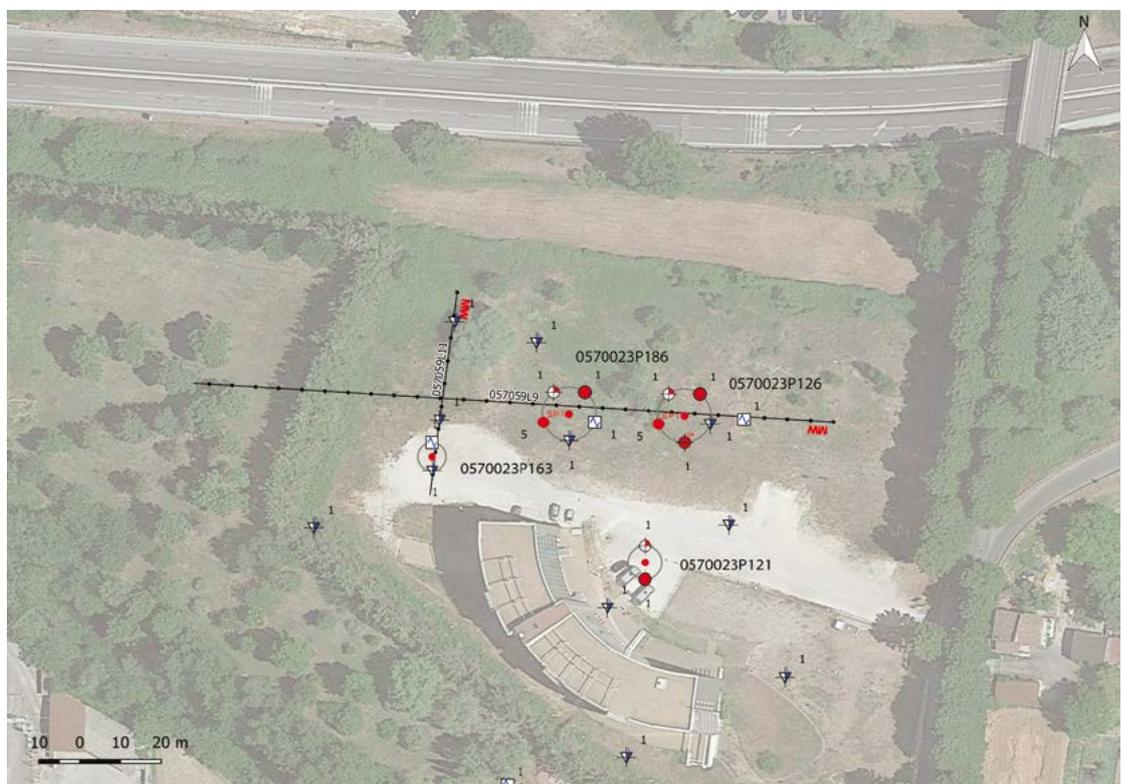
2.3 DATASET GEOGRAFICI VETTORIALI

Oltre ai dataset vettoriali "Ind_pu" e "Ind_ln", collocati nella cartella "Indagini" e contenenti le geometrie dei siti puntuali e lineari, la struttura di archiviazione del progetto deve contenere un'ulteriore serie di dati vettoriali necessari alla realizzazione delle carte previste. Per ogni carta è necessario infatti acquisire o digitalizzare una serie di informazioni geometriche e collocarle in appositi strati informativi di tipo puntuale, lineare o poligonale, secondo una struttura ben definita ed assegnando ad ogni geometria gli opportuni codici riportati negli Standard MS. I codici a loro volta sono alla base dell'assegnazione della corretta simbologia nei *layout* cartografici.

Per quanto riguarda la CdI, come già detto, sono necessari i dataset vettoriali "Ind_pu" e "Ind_ln". È da notare che, ai fini della rappresentazione simbolica delle indagini su carta, è necessario fare riferimento al campo "tipo_ind" contenuto nelle tabelle "Indagini_puntuali" e "Indagini_lineari". Dato il rapporto "1 a molti" esistente fra le tabelle "sito" e quelle "indagini", ad ogni sito possono corrispondere più indagini, e questo significa che una singola geometria vettoriale può corrispondere in realtà a più indagini, ognuna delle quali deve essere rappresentata singolarmente. Per risolvere questo problema è necessario ricorrere a particolari espedienti ed utilizzare funzionalità avanzate presenti in alcuni *software* GIS. In **Figura 2.8** è riportato un esempio di rappresentazione di diverse tipologie di indagini puntuali relative al medesimo sito, gestite dal *plugin* MzS Tools.

FIGURA 2.8

Un esempio di rappresentazione con il plugin MzS Tools di diverse indagini puntuali relative ad una serie di singoli siti d'indagine.



Un metodo per rappresentare più indagini puntuali relative al medesimo sito è descritto nell'Appendice 2 degli Standard MS e riguarda, in particolare, l'utilizzo del *software* Esri ArcGIS® e del database "Cdl_tabelle" in formato Microsoft Access®. Il *plugin* MzS Tools, descritto nel Capitolo 4, utilizza invece le funzionalità di rappresentazione cartografica del *software* QGIS e la flessibilità del database SpatiaLite per ottenere automaticamente e dinamicamente una corretta visualizzazione delle indagini, senza ricorrere a particolari espedienti.

I **dataset vettoriali** da utilizzare negli studi di MS per la preparazione delle diverse carte previste devono essere collocati in tre sottocartelle della struttura di archiviazione: "GeoTec", "Indagini", "MS1" ed "MS23".

Nella cartella **GeoTec** devono essere presenti:

- dataset lineare "Elineari", contenente gli elementi lineari necessari sia per la CGT_MS che per la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (carta delle MOPS);
- dataset puntuale "Epuntuali", contenente tutti gli elementi puntuali necessari sia per la CGT_MS che per la Carta delle MOPS;
- dataset poligonale "Forme", contenente le forme di superficie o sepolte che presentano un'estensione areale cartografabile alla scala 1:10.000 o 1: 5.000, anche in questo caso utilizzabile sia per la CGT_MS che per la carta delle MOPS;
- dataset puntuale "Geoidr", contenente elementi puntuali geologici e idrogeologici che verranno utilizzati per la CGT_MS;
- dataset poligonale "Geotec", contenente le informazioni sulle unità geologico tecniche, distinte in terreni di copertura e substrato, che verranno utilizzate per la CGT_MS; è importante sottolineare che in questo dataset non possono esistere sovrapposizioni fra i diversi poligoni.

Nella cartella **MS1** trovano collocazione:

- dataset poligonale "Instab" (relativo agli studi di livello 1), contenente le zone di attenzione per instabilità necessarie per la Carta delle MOPS e, in parte, per la realizzazione della CGT-MS (instabilità di versante, liquefazione, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali/crollo di cavità/sinkhole, sovrapposizione di instabilità differenti);
- dataset poligonale "Stab" (relativo agli studi di livello 1), contenente le "zone stabili" e le "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", necessarie per la Carta delle MOPS;
- dataset lineare "Isosub" (relativo agli studi di livello 1), contenente le isobate del substrato sepolto che non dovranno essere riportate in alcun elaborato.

Nella cartella **MS23** vanno inseriti:

- dataset poligonale "Instab" (relativo agli studi di livello 2 e 3) contenente le zone di instabilità (attenzione, suscettibilità, rispetto) necessarie per la Carta di MS;
- dataset poligonale "Stab" (relativo agli studi di livello 2 e 3) necessario per la realizzazione delle Carta di MS;
- dataset lineare "Isosub" (relativo agli studi di livello 2 e 3) contenente le isobate del substrato sepolto che non dovranno essere riportate in alcun elaborato.

In definitiva, la relazione tra i diversi dataset vettoriali e le carte è riassumibile in questo modo:

- per la realizzazione della **Cdl** sono necessari i dataset "Ind_pu" e "Ind_In" e le informazioni riportate nel campo "tipo_ind" del database Cdl_Tabelle;
- per la realizzazione della **CGT-MS** sono necessari i dataset "Forme", "Elineari", "Epuntuali", "Geoidr", "Geotec" e "Instab" (quest'ultimo contenuto nella cartella MS1);
- per la **Carta delle MOPS** sono necessari i dataset "Forme", "Elineari" (senza considerare le faglie non attive o potenzialmente attive), "Epuntuali", "Ind_pu" (per la rappresentazione delle misure di rumore ambientale) "Stab" ed "Instab", (dove "Stab" e "Instab" si riferiscono ai dataset contenuti nella cartella "MS1");
- per la **Carta di MS** sono necessari i dataset "Stab", "Instab", (dove "Stab" e "Instab" si riferiscono ai dataset contenuti nella cartella "MS23").

2.4 STRUMENTI INFORMATICI PER LA GESTIONE PROGETTO DI MICROZONAZIONE SISMICA

La conduzione di uno studio di MS, conforme agli Standard MS, richiede di effettuare una serie di operazioni quali: creazione della struttura del progetto; gestione del database delle indagini e dei dataset cartografici; inserimento, *editing* e codifica dei dati geometrici ed alfanumerici; creazione e gestione delle simbologie dei *layer* cartografici; composizione dei *layout* per la produzione degli elaborati cartografici.

Nel **Capitolo 3** vengono schematizzate le varie fasi di lavoro ed i concetti alla base delle diverse operazioni da effettuare sui dati al fine di ottenere gli output cartografici attesi per ogni livello degli studi di MS. Da un punto di vista pratico è bene adottare un approccio logico per passi successivi, a partire da una prima fase costituita dalla strutturazione del progetto, acquisizione dei dati di base e inserimento con codifica dei dati necessari. In fasi successive è necessario eseguire alcuni tipi di elaborazione, quali importazioni ed esportazioni di geometrie da un *layer* all'altro, operazioni di "overlay", ovvero di sovrapposizione dei livelli cartografici ed esecuzione di operazioni matematiche sulle geometrie, quali sottrazioni e merge. In alcuni casi è necessario eseguire *editing* geometrici applicando controlli di tipo topologico (vedi sezione dedicata nel **Capitolo 4**) per evitare errori di sovrapposizioni fra poligoni adiacenti, presenza di spazi impercettibili tra un poligono e l'altro, geometrie duplicate, ecc. La fase di produzione degli *output* cartografici finali richiede la predisposizione di *layout* contenenti diversi elementi grafici, oltre che una corretta rappresentazione delle informazioni geografiche.

Data la relativa complessità dei dati utilizzati, delle codifiche e delle operazioni da effettuare, risulta indispensabile il ricorso a strumenti dedicati all'inserimento ed alla gestione dei dati georeferenziati ed alfanumerici. Negli Standard MS vengono definite le specifiche tecniche dei dataset geografici e delle strutture di archiviazione, ma si lascia poi all'esecutore dello studio la facoltà di organizzare il proprio lavoro e di scegliere il sistema di database da utilizzare per l'inserimento e la gestione dei dati delle indagini e degli altri dataset georeferenziati.

Per inserire dati e gestire in modo semplificato il database delle indagini, è stato messo a disposizione dal CentroMS, sul sito web nella sezione *download*, uno strumento *software* gratuito, "SoftMS"¹¹ (Figura 2.9), un programma desktop per Microsoft Windows® che

¹¹ www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/38-standardms-42



FIGURA 2.9
 Interfaccia grafica di SoftMS per la compilazione dei dati delle indagini della microzonazione sismica secondo gli Standard MS versione 4.2.

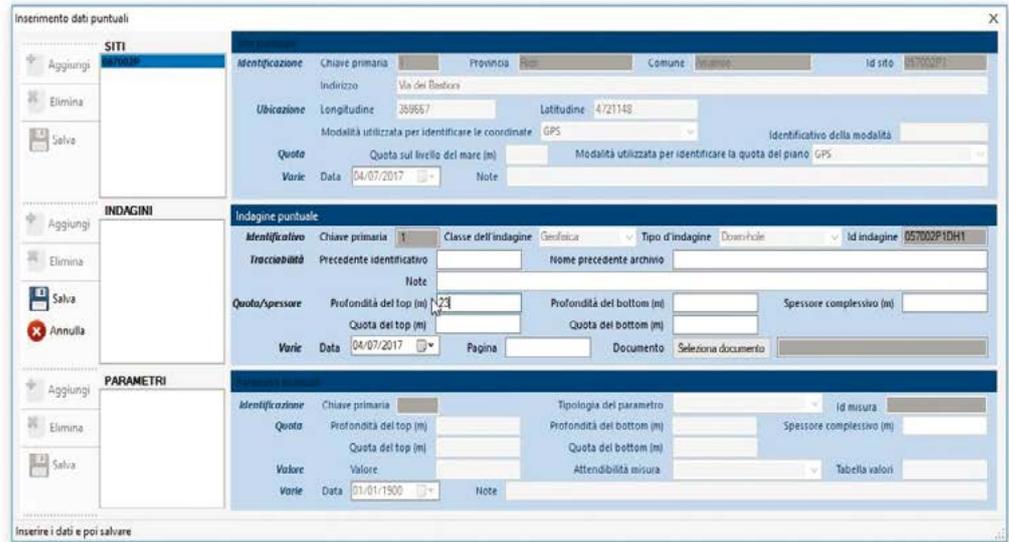


FIGURA 2.10
 Pagina del plugin MzSTools all'interno del repository ufficiale di QGIS.

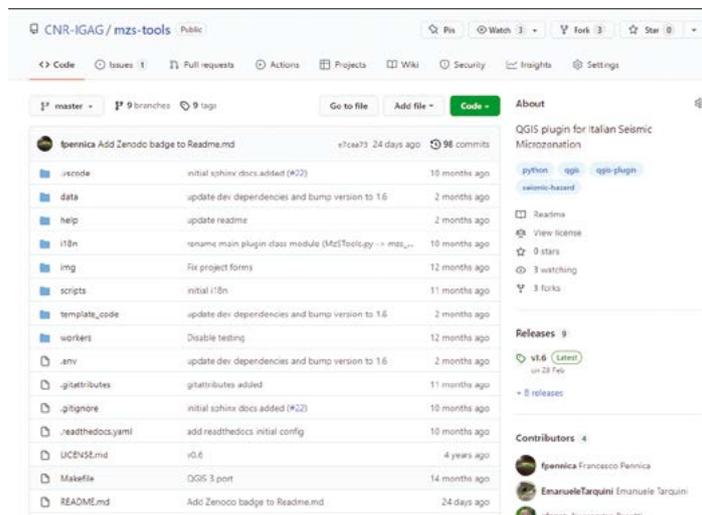


FIGURA 2.11
 Pagina GitHub per partecipare allo sviluppo del plugin (https://github.com/CNR-IGAG/mzs-tools).

agisce da interfaccia di inserimento dei dati all'interno di un database Microsoft Access® (Cdl_tabelle). Con questo *software* è possibile inserire in modo guidato e semplificato le informazioni riguardanti siti, indagini e parametri puntuali e lineari, senza interagire direttamente con il database Microsoft Access®.

Il *software* gestisce esclusivamente dati alfanumerici, in quanto non presenta funzionalità per la gestione di informazioni georeferenziate. Questo significa che le geometrie georeferenziate (siti di indagine lineari e puntuali) vanno gestite a parte, ad esempio tramite shapefile o geodatabase, e che il "collegamento" fra queste informazioni e quelle contenute nel database Microsoft Access® va gestito in modo completamente manuale. Ovviamente si tratta di un'operazione soggetta facilmente ad errori, considerando anche eventualità come, ad esempio, quella di dover rimuovere o modificare un *record* all'interno del database e quindi di dover modificare o rimuovere manualmente l'oggetto corrispondente del dataset geografico. Per quanto riguarda la gestione dei *layer* cartografici ed operazioni quali l'*editing* delle geometrie, *overlay* e *geoprocessing*, risulta indispensabile l'utilizzo di appositi *software* GIS, tra questi quelli più conosciuti sono Esri ArcGIS® e QGIS¹² (*software free open source*) quest'ultimo sempre più utilizzato sia in ambito scientifico che professionale. A partire dal 2018, nell'ambito delle attività del CentroMS nel Laboratorio GIS del CNR-IGAG è iniziato lo sviluppo di un *plugin* per QGIS con funzionalità specifiche per la gestione dei progetti di MS, denominato **MzS Tools**¹³.

Questo strumento riunisce in un unico ambiente, una serie di strumenti utili per la conduzione degli studi di MS, tra i quali la generazione automatica della struttura di archiviazione, interfacce guidate di inserimento e gestione delle indagini, *editing* delle geometrie con controlli di tipo topologico, *layout* di stampa preimpostati, librerie di simboli automatizzate, strumenti di controllo e validazione e molto altro, come descritto più in dettaglio nel **Capitolo 4**.

Il *plugin* MzS Tools è pubblicato tramite il *repository* ufficiale dei *plugin* di QGIS ed è scaricabile direttamente tramite l'interfaccia di gestione delle estensioni di QGIS (**Figura 2.10**), essendo un progetto *open source* il suo codice è disponibile sulla piattaforma GitHub¹⁴ (**Figura 2.11**).

¹² <https://qgis.org>

¹³ <https://plugins.qgis.org/plugins/MzSTools/>

¹⁴ <https://github.com/CNR-IGAG/mzs-tools>

03

LE CARTE

DI MICROZONAZIONE

SISMICA

In questo Capitolo si introducono i concetti fondamentali che riguardano i prodotti cartografici previsti negli studi di MS, che sono alla base delle scelte e delle soluzioni tecniche adottate per la realizzazione degli strumenti presentati in questo volume. I documenti di riferimento per la realizzazione delle cartografie associate agli studi di MS sono i seguenti:

- Gruppo di lavoro MS. 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento di protezione civile. Roma. 3 vol. e Dvd, 2008 Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", 2011;
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2, Roma, dicembre 2020;
- Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC), versione 1.0 – Commissione delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento di protezione civile, 2015;
- Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR), versione 1.0 – Commissione delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento di protezione civile, 2017;
- Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione versione 1.0 – Commissione delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento di protezione civile (2018).

In tutti i livelli degli studi di MS è prevista la compilazione degli attributi della relativa banca dati geografica e delle indagini secondo gli Standard MS¹⁵. Nella Figura 3.1 viene illustrato lo schema generale della cartografia prevista nella MS con i relativi strati informativi che caratterizzano la struttura degli elaborati. Cosa importante che risalta nello schema sono gli strati informativi "identici" presenti nei tre livelli di MS. In realtà gli oggetti che fanno parte di questi layer possono essere differenti sia come numero che come forma geometrica. Si tratta, infatti, di *feature class* che possono variare di forma a seconda del livello di MS e dei dati tabellari che essi contengono e rappresentano. Un esempio dimostrativo è dato dagli oggetti del layer Instab che rappresentano le instabilità di versante, nella CGT-MS questi hanno un codice (Tipo_i) composto da quattro, mentre del caso della Carta delle MOPS le *feature class* hanno una parte di codice (le prime quattro cifre) che deriva da quello instabilità di versante della CGT-MS ed una parte (le ultime quattro cifre) derivanti dalle MOPS su cui insistono determinando così un frazionamento dell'area che rappresenta l'instabilità di versante (vedi esempio di Figura 3.9 e 3.10).

Per questo nel *plugin* MzS Tools è stata introdotta lo strumento *Copy Stab/Instab* (vedi paragrafo 4.7) per facilitare "portabilità" delle *features class* da un livello ad un altro, essendo la loro struttura di archiviazione tabellare identica.

In sintesi i differenti livelli della MS sono caratterizzati da relazioni tra gli strati informativi che li definiscono. Tale relazioni possono essere di tipo geometrico: gli oggetti sono gli stessi ma

¹⁵ Commissione tecnica per la microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2, Roma, dicembre 2020.

sono su livelli differenti; hanno stessa dimensione areale, come le instabilità di versante, ma ripartiti in più microzone come nel caso della Carta delle MOPS; aiutano a stabilire un criterio di geoprocessing come nel caso delle faglie attive e capaci che servono per proporzionare il *buffer*¹⁶ delle Zone di attenzione per le Faglie attive e capaci (di seguito $Z_{A_{FAC}}$).

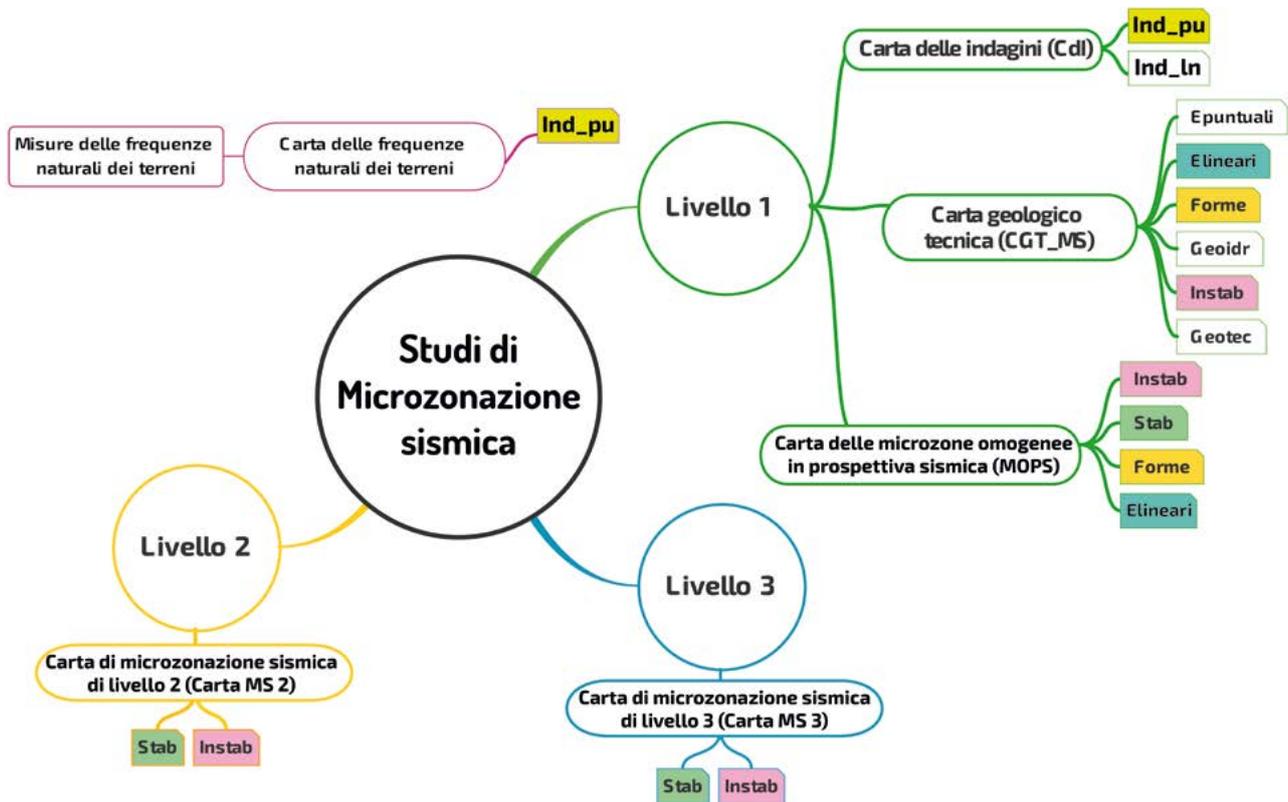


FIGURA 3.1

Schema di sintesi dei prodotti cartografici della MS e degli strati informativi da cui derivano le informazioni che vengono rappresentate.

Nei prossimi paragrafi viene riportata una sintesi dei prodotti cartografici previsti negli studi di MS, la simbologia relativa è illustrata nell'Allegato A del presente Volume.

¹⁶ Commissione tecnica MS 3907 (2015) - Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC). Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Roma.

3.1 LIVELLO 1 DI MICROZONAZIONE SISMICA

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 prevede l'elaborazione e la predisposizione di tre prodotti cartografici: la **Cdi**, la **CGT-MS** e la **Carta delle MOPS**. Nella **Figura 3.2** viene illustrato lo schema del livello 1 di MS con strati informativi vettoriali raggruppati per tipologia degli rappresentativi come da Standard MS.

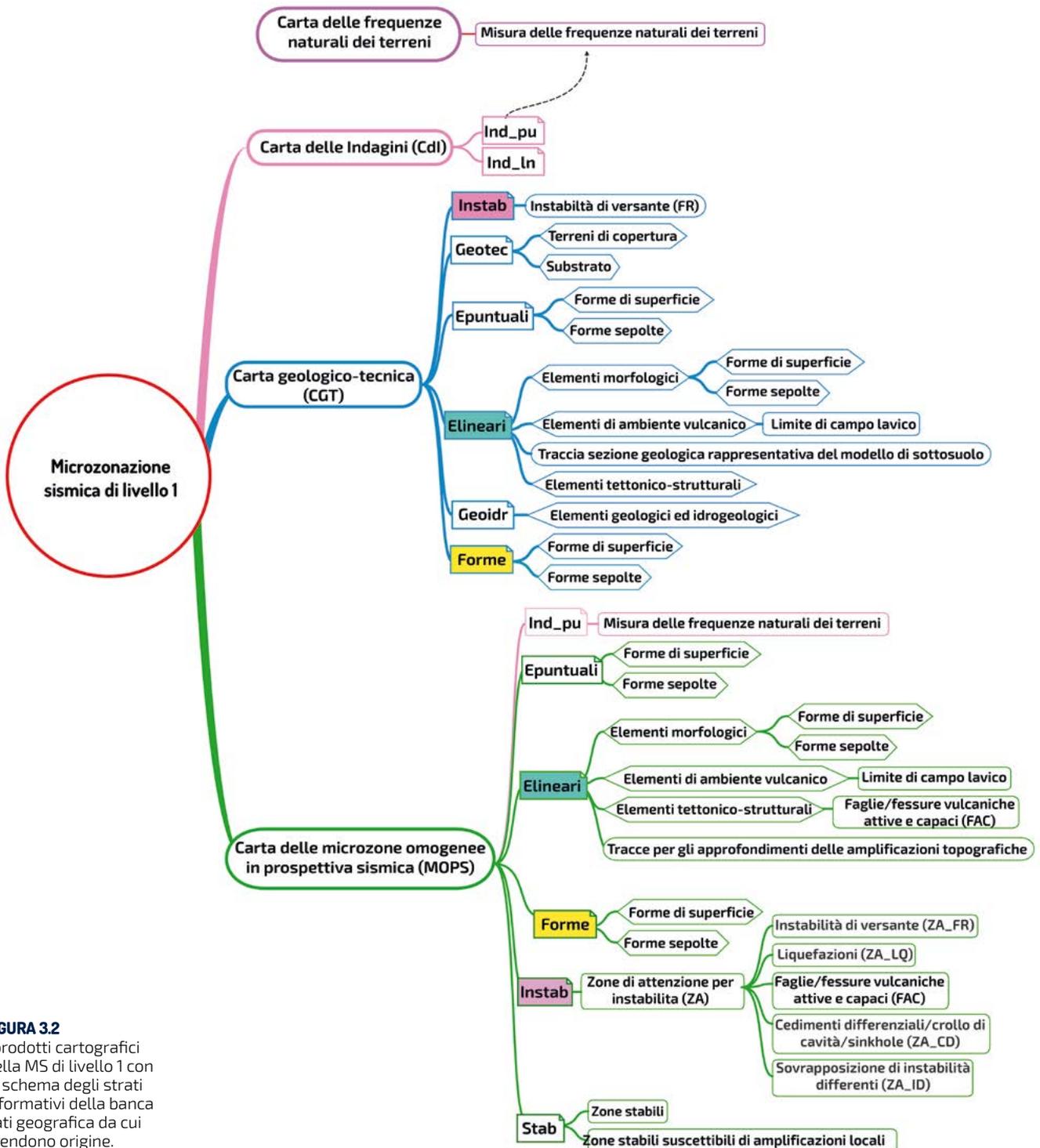


FIGURA 3.2
I prodotti cartografici della MS di livello 1 con lo schema degli strati informativi della banca dati geografica da cui prendono origine.

3.1.1 LA CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle Indagini (Cdi) è il primo dei prodotti cartografici previsti negli studi di MS; tale elaborato viene predisposto nel livello 1 ed aggiornato in caso di studi di approfondimento di livello successivo.

Nella Cdi vengono rappresentate sia le indagini preesistenti che quelle di nuova acquisizione realizzate *ad hoc* all'interno del territorio di un Comune. Essa costituisce il principale strumento su cui fondare lo studio della microzonazione sismica, attraverso la definizione geometrica delle litologie e la loro caratterizzazione fisica e meccanica.

La raccolta delle indagini disponibili dovrà essere effettuata per un'area più estesa di quella oggetto dello studio, allo scopo di comprendere e documentare nella loro completezza il modello geologico preliminare e i fenomeni naturali che possono interessare l'area oggetto dello studio.

Nella **Figura 3.3** viene illustrato lo schema della Cdi con i *layer* di cui è composta e le tipologie delle prove che vengono rappresentate cartograficamente.

La struttura del database delle indagini è illustrata nel **Capitolo 2 ai paragrafi: 2.2 Il data-base delle indagini e 2.3 Dataset geografici vettoriali**.

Nella Cdi vengono rappresentate l'ubicazione (siti d'indagine) e la tipologia delle indagini su base topografica della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000/1:10.000 nel SR: WGS84/UTM zone 33N (EPSG: 32633). Le indagini vengono rappresentate in forma simbolica (per la simbologia vedi **Capitolo Allegati A del Volume**) ed in base alla tipologia geometrica sono distinte in puntuali e lineari.

Dal database delle Indagini vengono estratte le misure di rumore a stazione singola sulla base delle quali può essere redatta la "Carta delle frequenze naturali dei terreni", un prodotto utile ai fini dello studio del modello di sottosuolo, attualmente non previsto dagli Standard MS. Le stesse misure di rumore vengono riportate, inoltre, nella Carta delle MOPS con indicazione del valore di f_0 .

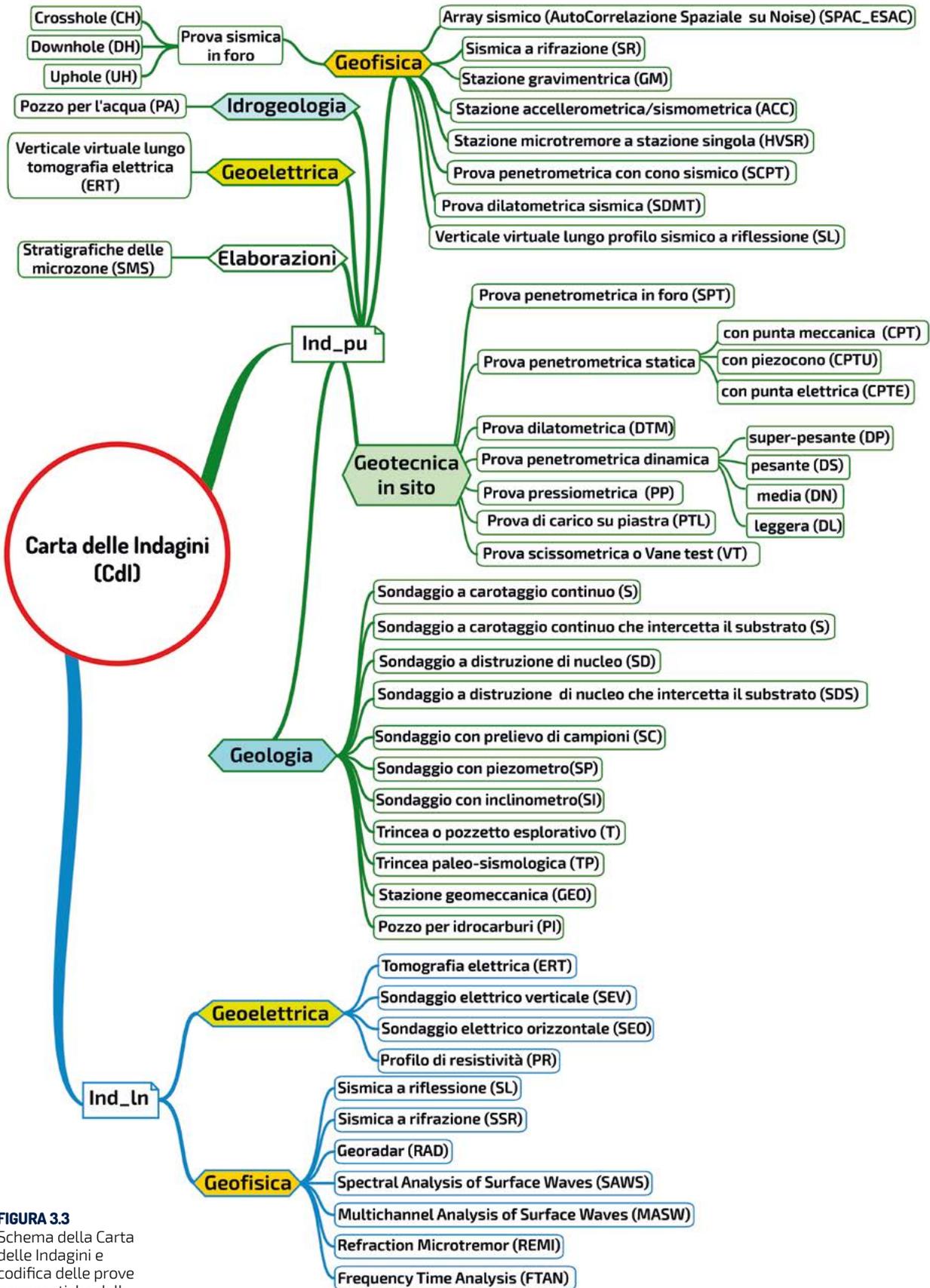


FIGURA 3.3
 Schema della Carta delle Indagini e codifica delle prove geognostiche della banca dati

3.1.2 LA CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Nella Carta geologico-tecnica (CGT-MS) sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate dai dati rappresentati nella Carta delle indagini, dalle campagne di rilevamento geologico e da carte ed elaborati di letteratura tecnico-scientifica resi disponibili dai siti *Open data* delle Regioni, del Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente¹⁷, degli Enti di Ricerca, delle Autorità di Bacino, ecc. I dati riportati nella CGT-MS sono necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle MOPS. La scala di riproduzione dovrà essere 1:5.000 o 1:10.000 e tutti i prodotti ad essa associati dovranno essere georeferenziati nel SR: WGS84/UTM zone 33N (EPSG: 32633) per tutto il territorio italiano.

Nella **Figura 3.4** viene illustrato lo schema generale per la redazione della CGT-MS con alcuni strati informativi ("Elineari", "Forme", "Instab" e "Geotec") divisi per categorie di *feature class* che saranno descritte nelle successive **Figure 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8**.

¹⁷ <http://portalesgi.isprambiente.it/it/servizi-ogc>

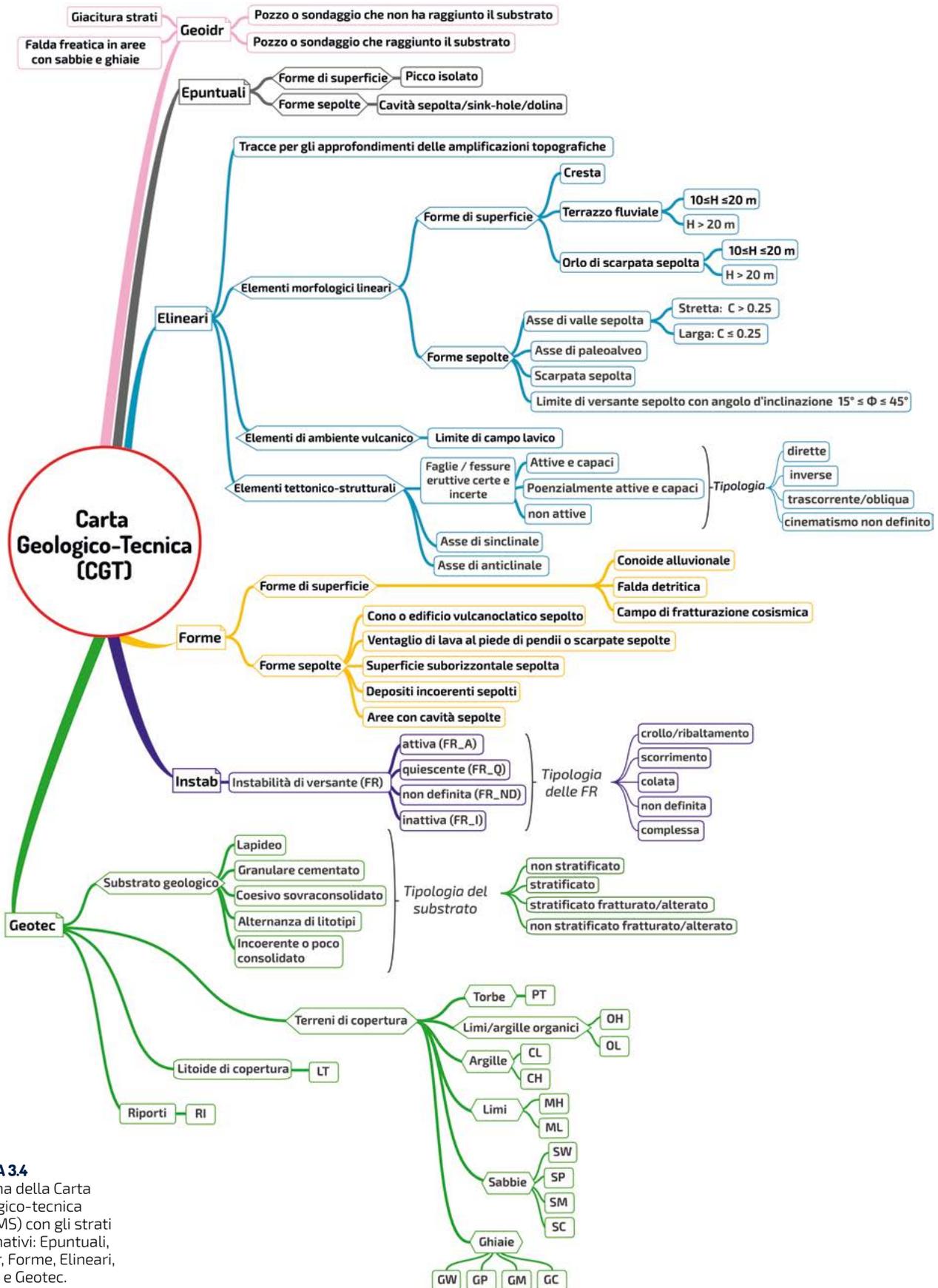


FIGURA 3.4
 Schema della Carta Geologico-tecnica (CGT-MS) con gli strati informativi: Epuntuali, Geoidr, Forme, Elineari, Instab e Geotec.

La CGT-MS è composta da tre tipologie geometriche di *layer*: puntuali, lineari e poligonali rappresentate dai seguenti strati informativi:

- **Geotec** (geometria poligonale): illustrato in **Figura 3.5**, contiene i terreni di copertura recenti e le unità dei substrati geologici.
 - ➔ I terreni di copertura sono rappresentati da otto classi granulometriche in cui si distinguono 17 tipologie di terreni ognuno dei quali può essere collocato in 36 ambienti genetico-deposizionali suddivisi in 8 classi:
 - ambiente vulcanico,
 - ambiente di versante,
 - ambiente fluvio-lacustre,
 - ambiente carsico,
 - ambiente glaciale,
 - ambiente eolico,
 - ambiente costiero,
 - altro ambiente.

Per descrivere la litologia dei terreni è stato utilizzato *Unified Soil Classification System* (USCS) modificato, (ASTM, 1985).

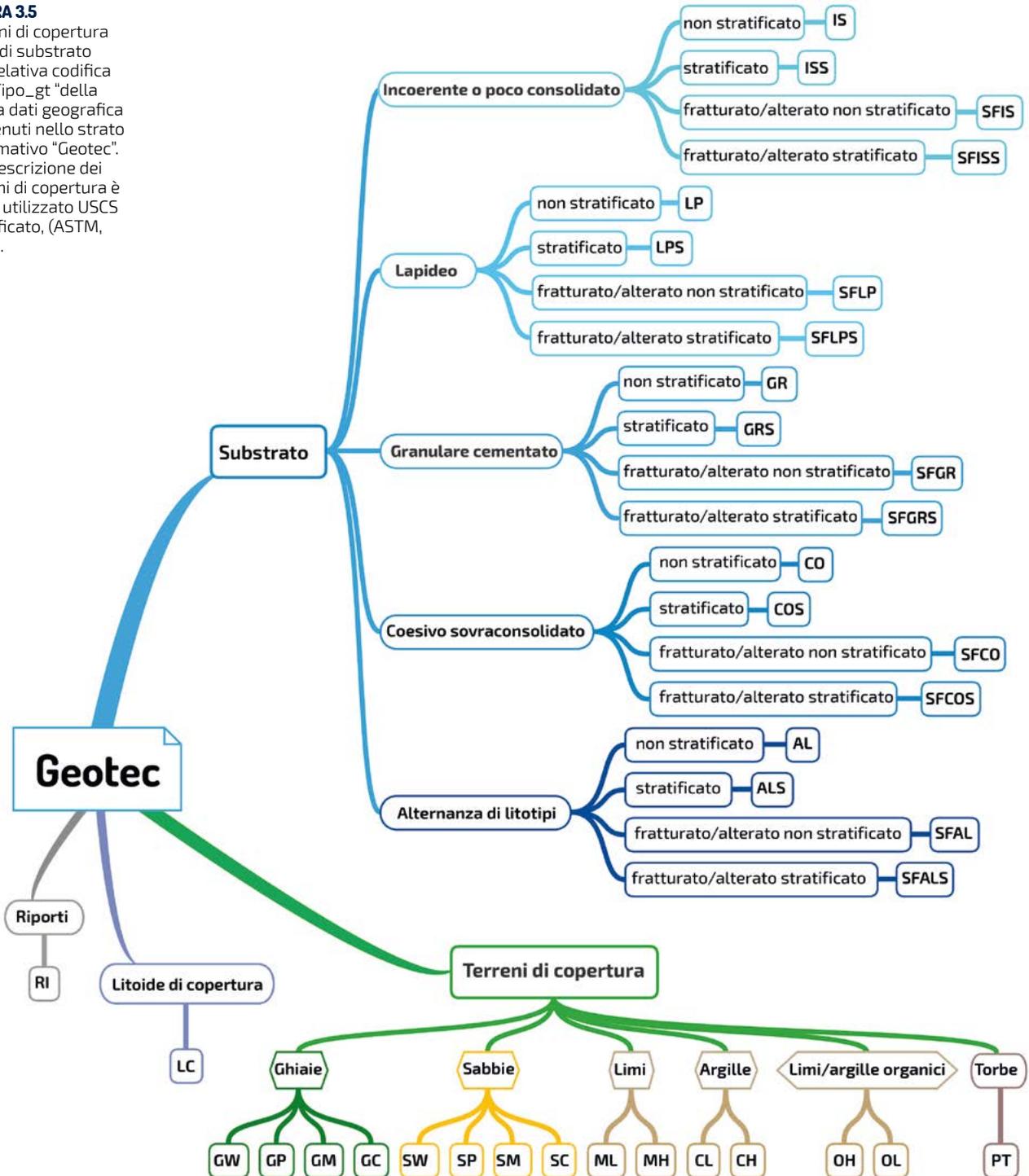
- ➔ Il substrato geologico è diviso in cinque gruppi:
 - lapideo,
 - granulare cementato,
 - coesivo consolidato,
 - alternanza di litotipi,
 - substrato incoerente o poco consolidato;

ognuno dei quali qualitativamente diviso in quattro sotto-categorie basate sulla stratificazione e grado di alterazione:

- stratificato,
- non stratificato,
- stratificato fratturato-alterato,
- non stratificato fratturato-alterato.

FIGURA 3.5

Terreni di copertura e tipi di substrato con relativa codifica del "Tipo_gt" della banca dati geografica contenuti nello strato informativo "Geotec". Per descrizione dei terreni di copertura è stato utilizzato USCS modificato, (ASTM, 1985).



- **Instab** (geometria poligonale): strato informativo illustrato in **Figura 3.6**, contiene le instabilità di versante, suddivise in quattro categorie:
 - attiva;
 - quiescente;
 - non definita;
 - inattiva;
 in ognuna delle quali si identificano e si classificano a seconda del tipo di movimento in:
 - crollo-ribaltamento;
 - scorrimento;
 - colata;
 - complessa;
 - non definita.

- **Epuntuali** (geometria puntuale) contiene:
 - picchi isolati;
 - cavità sepolte, doline e/o sinkhole.

- **Elineari** (geometria lineare): questo strato informativo, di cui lo schema rappresentato in **Figura 3.7**, è composto da quattro categorie di oggetti:
 - gli elementi tettonico strutturali sono rappresentati dalle faglie e dagli assi di sinclinali e di anticlinale. Le faglie sono distinte in tre gruppi:
 - attive e capaci (di seguito FAC);
 - potenzialmente attive e capaci;
 - non attive;
 distinte in base alla loro cinematica in: dirette, inverse, trascorrenti/oblique e con cinematismo non definito;

 - gli elementi morfologici sono costituiti da
 - orli di scarpata morfologica:
 - con dislivello 10-20 m;
 - con dislivello maggiore di 20 m;
 - terrazzi fluviali:
 - con dislivello 10-20 m;
 - con dislivello maggiore di 20 m;
 - cresta;
 - limite di colata lavica;
 - forme sepolte distinte in:
 - asse di valle sepolta stretta ($C^{18} > 0,25$);
 - asse di valle sepolta larga ($C < 0,25$);
 - scarpata sepolta;
 - asse di paleo-valle;
 - limite di versante sepolto con inclinazione compresa tra 15° e 45°

 - le sezioni dei profili sono distinte in
 - traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche" (solo Carta delle MOPS);
 - traccia delle sezioni geologiche rappresentative del modello di sottosuolo;

 - gli elementi di ambiente vulcanico sono rappresentati dal limite di campo lavico.

¹⁸ C coefficiente di forma ($C = h/l$) dove h è lo spessore della coltre alluvionale, l la sua semi-ampiezza.

FIGURA 3.6
Le instabilità di versante dello strato informativo "Instab" della CGT-MS.

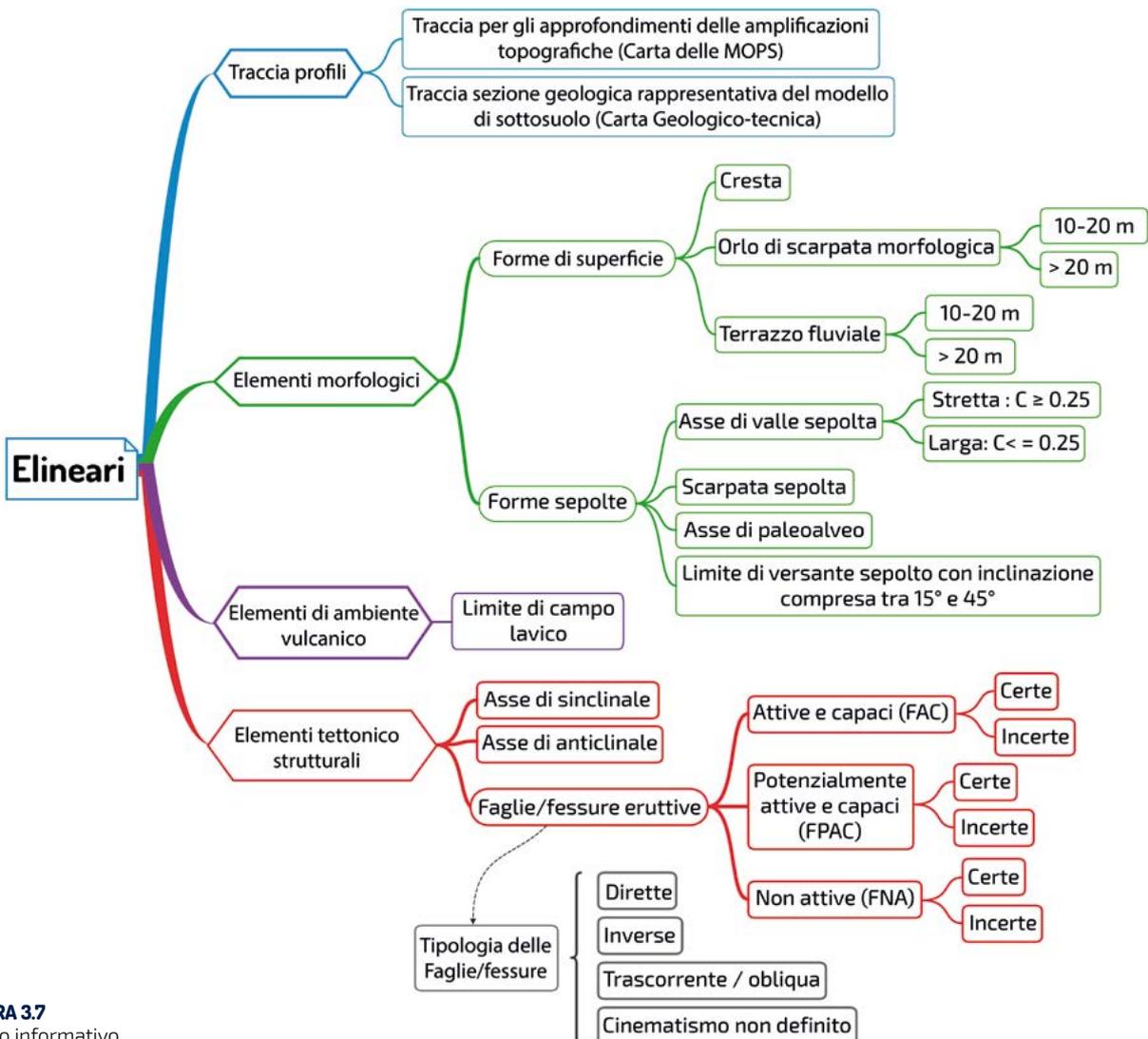
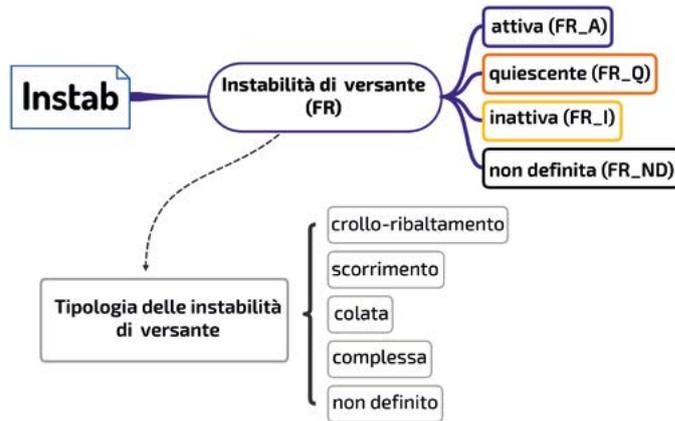
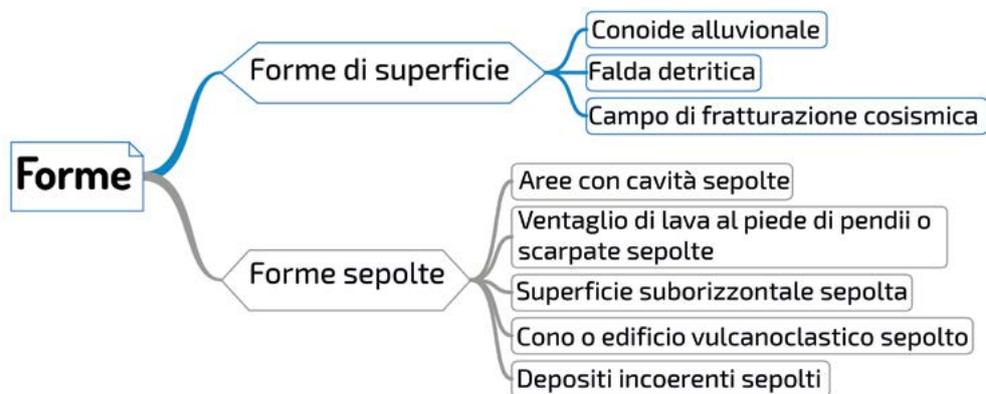


FIGURA 3.7
Strato informativo Elineari, schema delle tipologie degli elementi.

- **Forme** (geometria poligonale) contiene i poligoni relativi a forme superficiali quali:
 - conoidi alluvionali;
 - falda detritica;
 - aree con cavità sepolte;
 - ventaglio di lava al piede di pendii o scarpate sepolte;
 - cono o edificio vulcano clastico sepolto;
 - superficie sub-orizzontale sepolta;
 - depositi incoerenti sepolti;
 - campo di fratturazione cosismica.

In **Figura 3.8** vengono illustrate le tipologie e gli elementi dello strato informativo "Forme". Questo layer è presente sia nella CGT-MS che nella Carta delle MOPS

FIGURA 3.8
Tipologie ed elementi dello strato informativo "Forme".



- **Geoidr** (geometria puntuale) in esso sono presenti:
 - giaciture degli strati;
 - pozzi o sondaggi che abbiano raggiunto il substrato;
 - pozzi o sondaggi interamente sviluppati nei terreni di copertura;
 - punti in cui c'è una presenza della falda idrica in aree con sabbie e/o ghiaie.

Come approfondiremo in seguito, i layer "Elineari", "Forme", "Instab", "Stab" sono utilizzati sia per la realizzazione della CGT-MS che della Carta delle MOPS, in quest'ultima alcuni elementi sono filtrati sugli argomenti che caratterizzano le microzone omogenee dal punto di vista sismico. Nella **Figura 3.9** un esempio di modello geologico-tecnico. Nell'illustrazione vengono messe in evidenza i rapporti geometrici della unità litostratigrafiche che daranno origine alle microzone omogenee in prospettiva sismica raffigurate nella **Figura 3.10**.

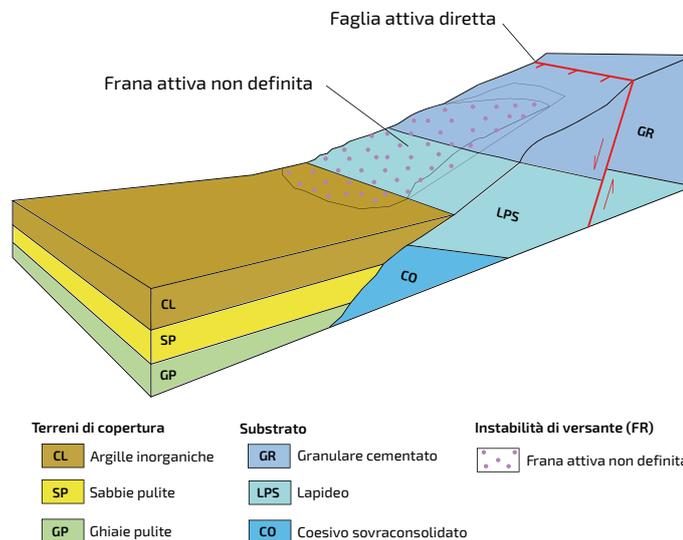


FIGURA 3.9
Esempio del sottosuolo per definire le stratigrafie geologico-tecniche di riferimento per il calcolo delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

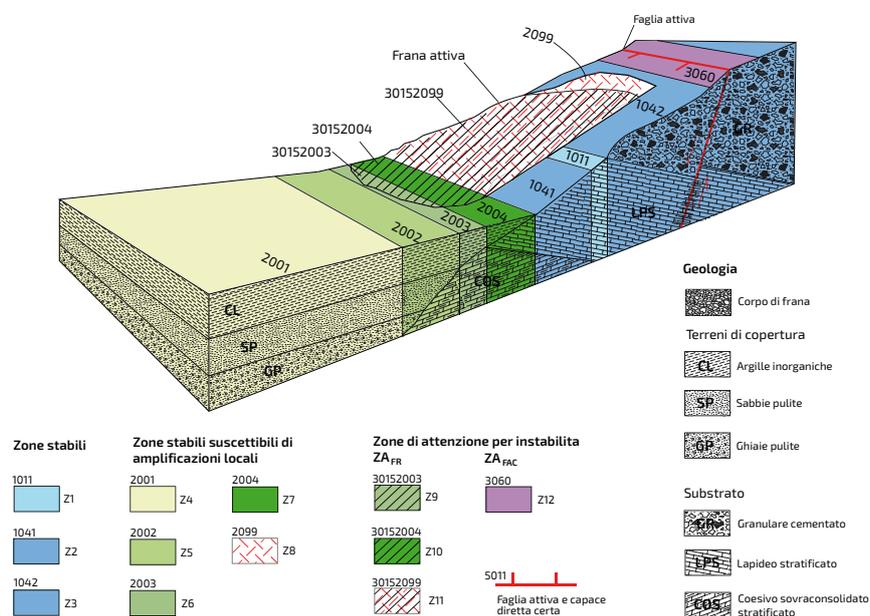
3.1.3 LA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle MOPS è costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche riportati nella CGT-MS e costituisce il primo livello di approfondimento degli studi di microzonazione sismica. La scala di rappresentazione non dovrà essere inferiore a 1:10.000 e tutti i prodotti ad essa associati dovranno essere georeferenziati nel SR: WGS84/UTM zone 33N (EPSG: 32633) per tutto il territorio italiano.

Nella **Figura 3.10** viene illustrato il modello concettuale delle MOPS a partire dalle informazioni di natura geologica rappresentate nella **Figura 3.9**.

FIGURA 3.10

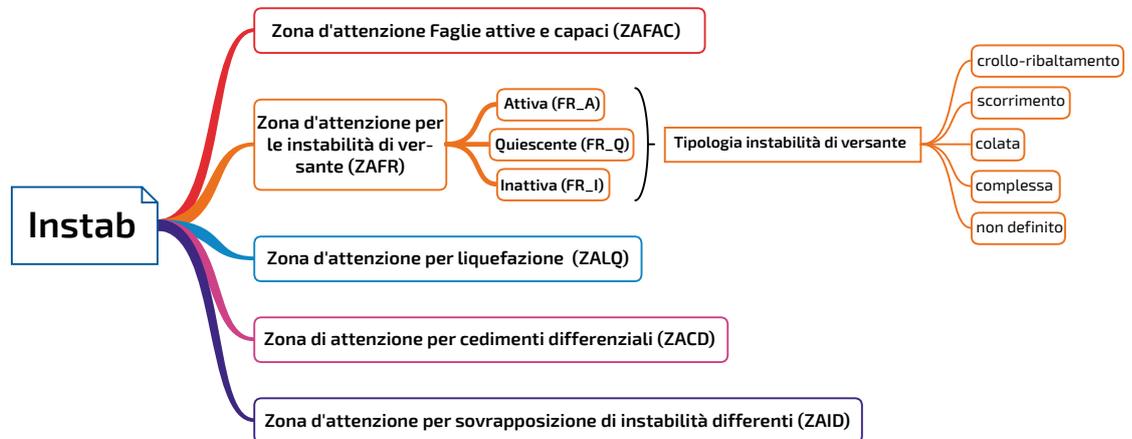
Esempio del modello delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con lo schema della sezioni geologico-tecnica di riferimento per il modello di sottosuolo.



Gli strati informativi che costituiscono l'allestimento della Carta della MOPS sono di tre tipologie geometriche: puntuale, lineare e poligonale di seguito elencati e descritti:

- Stab** (geometria poligonale): contenente le seguenti tipologie di zone:
 - **zone stabili**, il livello di scuotimento è quello previsto dalla carta di pericolosità sismica di riferimento;
 - **zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali** legate alla configurazione sismostratigrafica e morfologica locale e caratterizzata dall'assenza di potenziali fenomeni di instabilità associati ad eventi sismici
- Instab** (geometria poligonale): rappresenta le Zone di attenzione (ZA) per le seguenti instabilità (**Figura 3.11**):
 - **Instabilità di versante** (derivano dalla CGT-MS), sono suddivise in quattro categorie dinamiche illustrate in **Figura 3.6**;
 - **Instabilità per liquefazione (ZA_{LQ})** sono quelle zone nelle quali i dati a disposizione indicano la presenza di condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione (litostratigrafia, profondità della falda, elementi paleo-geografici, ecc.);
 - **Instabilità per cedimenti differenziali, crolli di cavità sinkhole (ZA_{CD})** sono quelle zone nelle quali, se sottoposte ad un sisma di riferimento, è possibile attendersi un comportamento plastico o di rottura dei terreni.
 - **Sovrapposizioni di instabilità differenti (ZA_D)** sono quelle zone di territorio in cui ci possono essere delle sovrapposizioni di effetti dovute a diverse tipologie di instabilità come, per esempio, una zona caratterizzata dalla presenza di una faglia attiva e capace che durante un sisma, in condizioni dinamiche, innesca una frana.

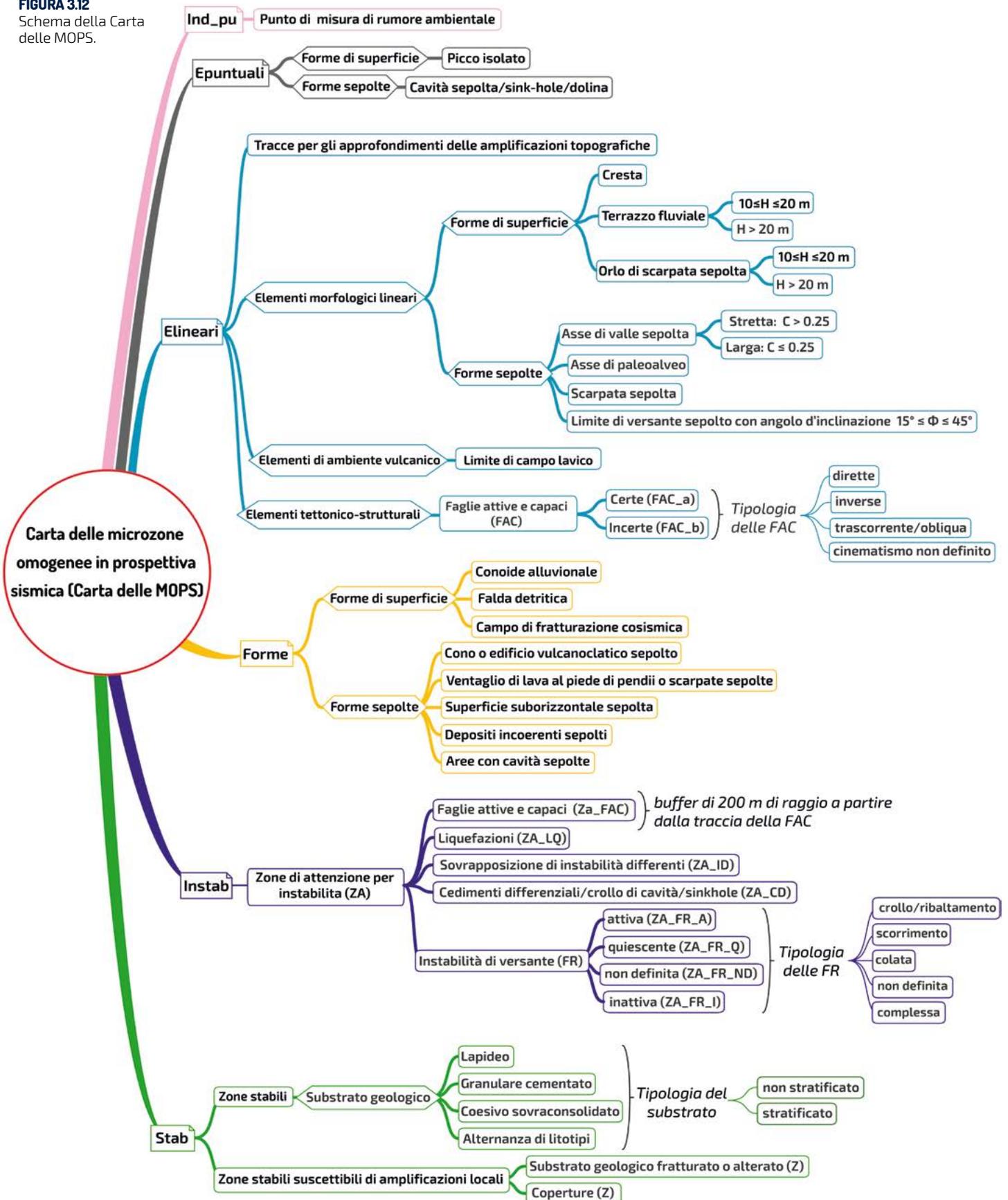
FIGURA 3.11
Zone di attenzione per le instabilità della Carta delle MOPS.



- **Faglie e attive e capaci (ZA_{FAC})** sono quelle porzioni di territorio in cui c'è la manifestazione di un sistema di rotture emergenti sulla superficie topografica dovuto alla dislocazione delle faglie avvenuta durante un sisma. La ZA_{FAC} nella Carta delle MOPS è costruita intorno ad un *buffer* del raggio di 200 m a partire dalla traccia della faglia attiva e capace (asse del *buffer*)¹⁹.
- **Elineari** (geometria lineare): sono gli stessi elementi presenti nella CGT-MS e rappresentati in **Figura 3.7**, con l'eccezione delle faglie non attive, delle faglie potenzialmente attive, delle tracce delle sezioni geologiche rappresentative del modello del sottosuolo e degli elementi tettonico-strutturali come gli assi di sinclinale e anticlinale, che non dovranno essere rappresentati in tale elaborato; viceversa, le tracce delle sezioni topografiche dovranno essere riportate unicamente nella Carta delle MOPS e non nella CGT-MS. Questo strato informativo necessario alla preparazione della Carta delle MOPS è composto da tre categorie di oggetti:
 1. gli elementi tettonico-strutturali,
 2. gli elementi morfologici,
 3. le tracce dei profili geomorfologici rilevanti dal punto di vista delle amplificazioni topografiche del segnale sismico.
- Gli elementi tettonico strutturali sono rappresentati dalle faglie attive e capaci (FAC), distinte in base alla loro cinematica in
 - a. dirette,
 - b. inverse,
 - c. trascorrenti/oblique
 - d. con cinematismo non definito.
- Gli elementi morfologici sono costituiti da orli di scarpata morfologica, terrazzi fluviali (entrambi distinti in due classi di dislivello: 10 – 20 m e maggiore di 20 m), cresta, limite di campo lavico;
- forme sepolte, distinte in asse di valle sepolta stretta ($C > 0,25$), asse di valle sepolta larga ($C < 0,25$), scarpata sepolta, asse di paleo-valle e limite di versante sepolto con inclinazione compresa tra 15° e 45°.
- Le tracce dei profili per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche.
- **Forme** sono gli stessi elementi presenti nella CGT-MS elencate nel paragrafo precedente (**Par. 3.1.2**) ed illustrate nella **Figura 3.8**;
- **Ind_{pu}** (geometria lineare): ubicazione delle misure di rumore ambientale con indicato il valore del picco di frequenza più rappresentativo.

¹⁹ Commissione tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), versione 1.0 Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 2015. – Capitolo 6 Esempi di faglie attive e capaci e zone associate.

FIGURA 3.12
Schema della Carta delle MOPS.



3.2 IL LIVELLO 2 E 3 DI MICROZONAZIONE SISMICA

La **Carta di MS** è l'elaborato cartografico previsto negli studi di approfondimento di secondo e terzo livello. Analogamente agli altri prodotti cartografici, la rappresentazione dovrà essere alla scala 1:10.000 o 1: 5.000 e tutti i prodotti ad essa associati dovranno essere georeferenziati nel sistema di riferimento WGS84 – UTM 33N per tutto il territorio italiano. I livelli di studio della microzonazione sismica non sono sequenziali, ma vengono realizzati in funzione della complessità geologica del territorio e dei dati che entrano in gioco nella definizione del modello di sottosuolo.

Nella cartografia di microzonazione sismica ci possono essere elementi di livello 2 e di livello 3, che coesistono tra di loro.

In definitiva, una Carta di MS potrà essere costituita da:

- solo aree con approfondimento di Livello 2;
- aree con approfondimento di Livello 2 ed aree con approfondimento di Livello 3;
- solo aree con approfondimento di Livello 3.

Nel livello 2 vengono condotti degli approfondimenti conoscitivi per le incertezze individuate nel Livello 1 e viene associato alle microzone omogenee l'elemento quantitativo, espresso come fattore di amplificazione, ricavato con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche). In questo livello di approfondimento, le zone suscettibili di instabilità per liquefazione o instabilità di versante conservano le geometrie delle ZA presenti nella carta delle MOPS, ma hanno associato il valore del fattore di amplificazione calcolato con metodi suddetti.

La **Figura 3.13** mostra lo schema della carta di microzonazione sismica di livello 2, il valore del fattore di amplificazione FA che dà il colore alle microzone nella rappresentazione cartografia è presente in tutte le microzone ad eccezione delle zone di attenzione per le instabilità delle Faglie attive e capaci (ZA_{FAC}), dei cedimenti differenziali (ZA_{CD}) e delle sovrapposizioni di instabilità differenti (ZA_{IS}).

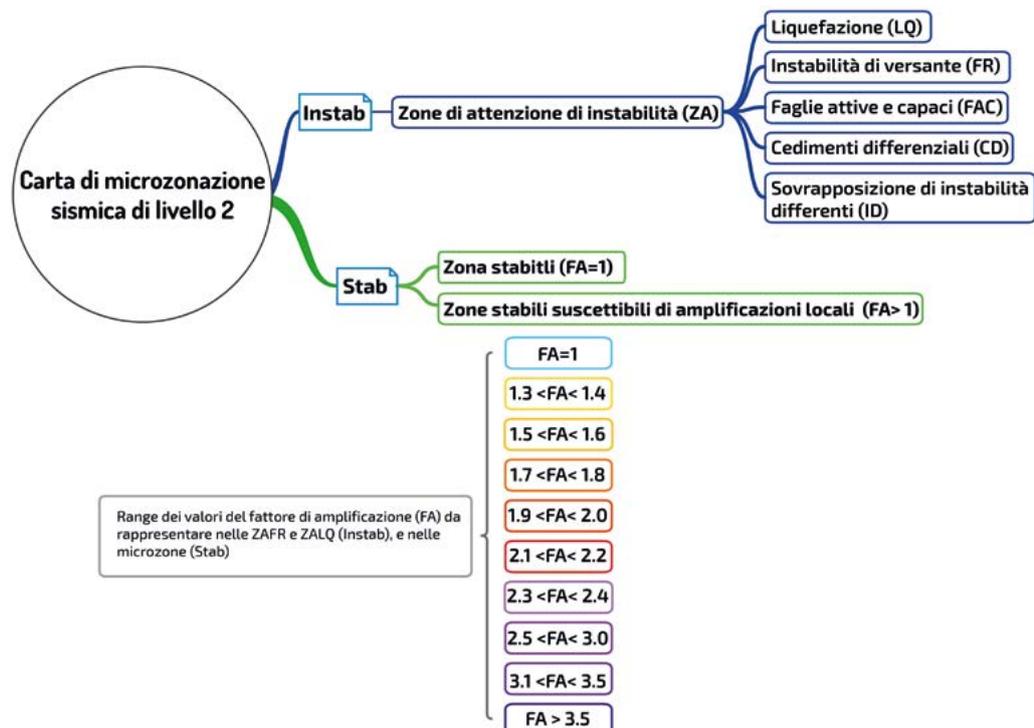


FIGURA 3.13
Schema della Carta di microzonazione sismica di livello 2.

Il Livello 3 rappresenta il livello di maggiore approfondimento, viene realizzato nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali nei casi di situazioni geologiche e geotecniche complesse, non risolvibili con l'uso degli abachi, oppure nelle zone suscettibili di instabilità particolarmente gravose per complessità del fenomeno e/o diffusione areale, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive. In questo livello di approfondimento, le zone suscettibili di instabilità per liquefazione o instabilità di versante potranno avere geometrie diverse da quelle delle ZA riportate nella Carta delle MOPS. Negli studi MS di livello 3 le zone suscettibili di instabilità saranno distinte in Zone di suscettibilità (ZS) e Zone di rispetto (ZR) a cui sarà associato, oltre al valore del fattore di amplificazione (FA) calcolato con metodi di calcolo semplificati o avanzati, un parametro che ne quantifichi il fenomeno.

La Carta di MS si basano sulla rappresentazione del fattore di amplificazione che viene definito graficamente con una scala graduata di colori dal giallo al viola. I parametri di amplificazione con i quali è possibile costruire le Carte di MS sono definiti in ICMS 2008²⁰ e sono:

- il valore di FA;
- il valore del fattore di amplificazione FV;
- il valore del fattore di amplificazione topografica Ft;
- il valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner (FH) in pseudo-velocità nei 3 intervalli di integrazione:
 - 0.1 - 0.5 s,
 - 0.5 - 1.0 s,
 - 0.5 - 1.5 s,
- il valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA (FPGA);
- il valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo-accelerazione negli intervalli di integrazione:
 - 0.1 - 0.5 s (FA0105),
 - 0.4 - 0.8 s (FA0408),
 - 0.7 - 1.1 s (FA0711).

Negli studi di livello 3 è obbligatorio inserire i valori dei fattori di amplificazione corrispondenti ai periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s, 0.7-1.1 s.

La Carta di microzonazione sismica di livello 3 è composta da tre prodotti cartografici differenti, uno per ogni intervallo di periodo:

- La Carta di microzonazione sismica 0.1 - 0.5 s;
- La Carta di microzonazione sismica 0.4 - 0.8 s;
- La Carta di microzonazione sismica 0.7 - 1.1 s.

Gli strati informativi, che esprimono le carte di microzonazione sismica, contengono oggetti geometrici di tipo poligonale e lineari derivanti dal livello 1 di MS, e sono:

- **Stab** contenenti le seguenti tipologie di zone:
 - **Zone Stabili:** aree nelle quali non si hanno fenomeni di amplificazione del segnale sismico (FA=1);
 - **Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali:** aree nella quali si ha un' amplificazione del segnale sismico (FA > 1);
- **Instab** contenenti le seguenti tipologie di zone:
 - **Zone di attenzione (ZA livello 2):**
 - **Instabilità di versante (Z_{FR})** Sono aree già definite franose e potenzialmente franose in inventari, riportate nella Carta Geologico tecnica e nella carta delle MOPS. A differenza di queste ultime va indicato il valore del fattore di amplificazione FA calcolato nella microzona su cui insiste il fenomeno franoso.

²⁰ 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.

- **Liquefazione (ZA_{LQ})** Sono aree già definite come potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione nella Carta delle MOPS. Nelle ZA_{LQ} di livello 2 va indicato il valore del fattore di amplificazione calcolato nella microzona su cui insiste il potenziale fenomeno della liquefazione.
 - **Cedimenti differenziali, crolli di cavità o sinkhole (in modalità dinamica) (ZA_{CD})** sono quelle zone per le quali, se sottoposte ad un sisma di riferimento, è possibile attendersi un comportamento plastico o di rottura dei terreni.
 - **Sovrapposizioni di instabilità differenti (ZA_{ID})** Sono quelle zone di territorio in cui ci possono essere delle sovrapposizioni di effetti dovute a diverse tipologie di instabilità.
 - **Faglie e attive e capaci (ZA_{FAC})** Sono quelle porzioni di territorio in cui c'è la manifestazione di un sistema di rotture emergenti sulla superficie topografica dovuta alla dislocazione delle faglie inseguito ad un sisma. La ZA_{FAC} nella Carta MS di livello 2 è costruita intorno ad un *buffer* del raggio di 200 m a partire dalla traccia della faglia attiva e capace (asse del *buffer*).
- **Zone di suscettibilità (ZS livello 3):**
- **Instabilità di versante (ZS_{FR})** Sono delle aree all'interno di microzone (precedentemente individuate come ZA) in cui ci sono delle Frane attive o attivabili in condizioni dinamiche con calcolo dello spostamento massimo presunto, rappresentato cartograficamente con un *buffer*. Oltre al calcolo dello spostamento presunto nella zona va riportato anche il valore del fattore di amplificazione calcolato nella microzona su cui insiste il fenomeno franoso.
 - **Liquefazione (ZS_{LQ})** Nella Carta di MS (livello 3) si individuano con apposite modellazioni numeriche le aree interne alla microzona nelle quali è possibile il verificarsi del fenomeno della liquefazione. Il parametro di riferimento è l'indice del potenziale di liquefazione (IL) che nelle zone di suscettibilità è distinto in due classi: a) $2 < IL \leq 5$ b) $5 < IL \leq 15$. Oltre al calcolo dell'indice IL nella zona va riportato anche il valore del fattore di amplificazione calcolato nella microzona su cui insiste il fenomeno della liquefazione.
 - **Faglie e attive e capaci (ZS_{FAC})** La ZSFAC nella Carta MS è costruita intorno ad un *buffer* del raggio di 150 m per una FAC incerta (FAC_b) ed intorno al raggio di *buffer* di 80 m per una FAC certa (FAC_a) a partire dalla traccia della faglia attiva e capace (asse del *buffer*).
- **Zone di rispetto (ZR livello 3):**
- **Instabilità di versante (ZR_{FR})** Sono delle aree che intersecano le microzone caratterizzate da Frane attive o attivabili in condizioni dinamiche dove è stato calcolato lo spostamento massimo. Oltre allo spostamento calcolato nella zona, va riportato anche il valore del fattore di amplificazione calcolato nella microzona su cui insiste il fenomeno franoso.
 - **Liquefazione (ZR_{LQ})** Le zone di rispetto per liquefazione hanno l'indice di liquefazione $IL > 15$. Oltre al calcolo dell'indice IL, nella zona va riportato anche il valore del fattore di amplificazione calcolato nella microzona su cui insiste il fenomeno della liquefazione.
 - **Faglie e attive e capaci (ZR_{FAC})** Le ZR_{FAC} sono aree costruite intorno ad un *buffer* del raggio di 30 m per una FAC certa (FAC_a) a partire dalla traccia della faglia attiva e capace (asse del *buffer*).
 - **Faglie e attive e capaci** (traccia della faglia attiva e capace (traccia FAC²¹) individuata sulla base degli studi e delle analisi effettuate per definire le ZR_{FAC} .

²¹ Commissione tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), versione 1.0 Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 2015. - Capitolo 5 Dimensione delle Zone - Figura A2.

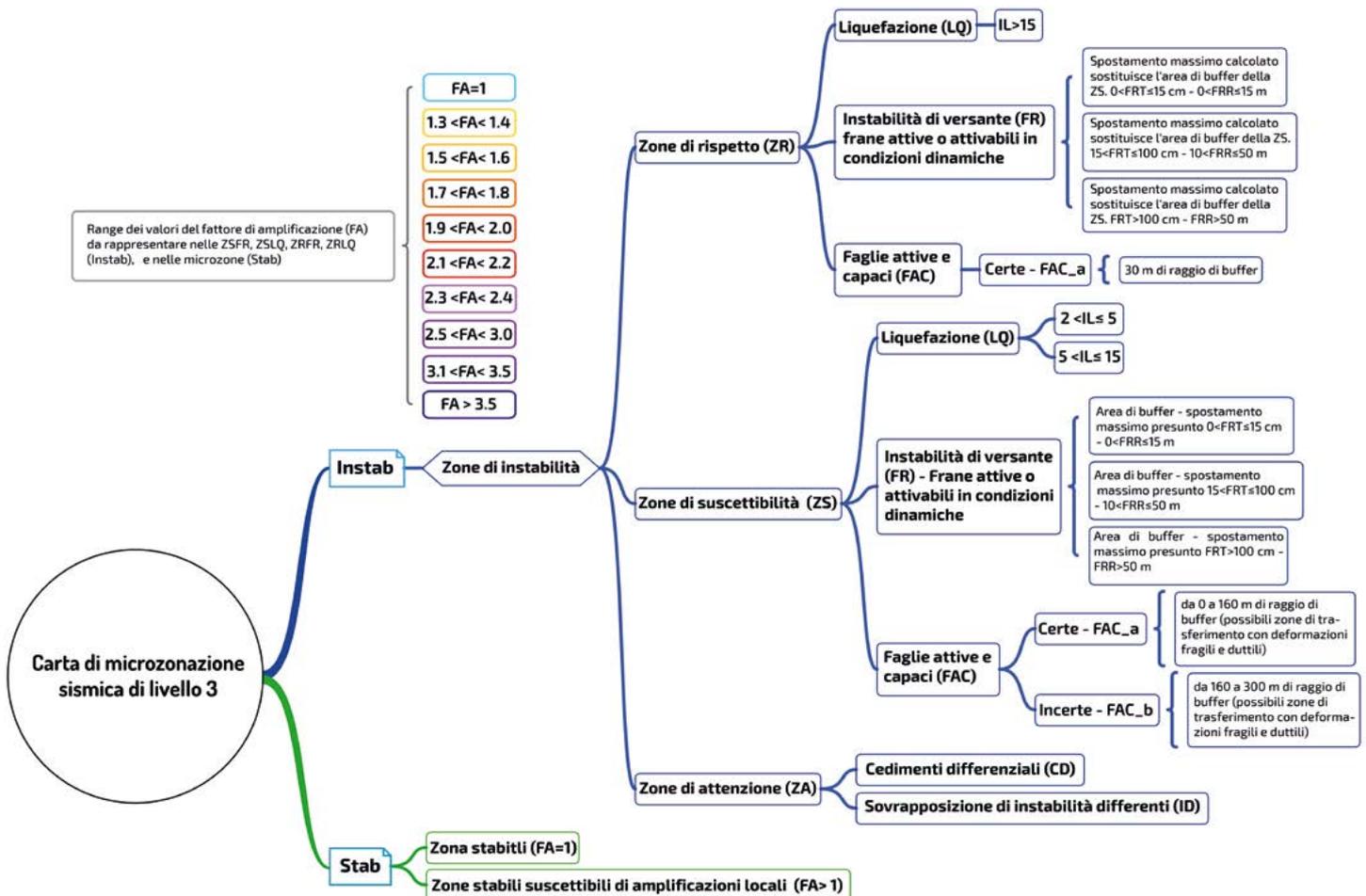


FIGURA 3.14
Schema della
Cartografia della MS di
livello 3.

La Figura 3.14 mostra lo schema della Carta di MS di livello 3, il valore del fattore di amplificazione FA dà il colore alle microzone nella rappresentazione cartografica è presente in tutte le microzone ad eccezione delle zone di attenzione per le instabilità dei cedimenti differenziali ($Z_{A_{CD}}$) e delle sovrapposizioni di instabilità differenti ($Z_{A_{IS}}$) e per la Zona di suscettibilità e di rispetto delle faglie attive e capaci ($Z_{S_{FAC}}$ e $Z_{R_{FAC}}$).

La Cdl, la CGT-MS e la Carta delle MOPS, alla luce dei nuovi dati acquisiti per i livelli 2 e/o 3, dovranno essere aggiornati qualora ci fossero dei cambiamenti del modello di sottosuolo di riferimento e delle geometrie di superficie degli elementi che costituiscono gli strati informativi che sono la sintesi e la rappresentazione cartografica degli studi di MS.

04

LE CARTE

DI MICROZONAZIONE SISMICA

CON IL *PLUGIN* M_ZS TOOLS

Gli elaborati cartografici della MS costituiscono la sintesi dello studio del modello di sottosuolo finalizzato alla risposta sismica locale e richiedono una notevole capacità di utilizzo di sistemi *software* GIS per la creazione del sistema di archiviazione e codifica dei dati, l'*editing* topologico e la rappresentazione cartografica attraverso una simbologia e un *layout* di stampa standardizzata.

Come accennato nel **Capitolo 2**, gli ICMS 2008 e gli Standard MS definiscono le linee guida e le specifiche tecniche per l'esecuzione degli studi di MS; nel corso del tempo sono stati integrati con due modelli di struttura di archiviazione basati sull'utilizzo di shapefile o di file geodatabase, ed uno strumento *software* – "SoftMS" – per la gestione della parte alfanumerica del database delle indagini.

A partire dal 2018, nell'ambito delle attività del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (CentroMS), nel Laboratorio GIS del CNR - IGAG è iniziato lo sviluppo di un *plugin* per QGIS²² con funzionalità specifiche per la gestione dei progetti di MS, denominato **MzS Tools** (Figura 4.1). L'idea alla base dello sviluppo di questo strumento è stata quella di cercare di riunire, in un unico ambiente, una serie il più possibile completa di strumenti *software* utili alla conduzione degli studi di MS, e quindi di semplificare le procedure di realizzazione dei progetti e degli elaborati cartografici in modo conforme a quanto stabilito dagli ICMS 2008 e dagli Standard MS. Lo sviluppo delle librerie di simboli cartografici integrati nel *plugin* ha portato inoltre alla creazione di una serie di specifiche rigorose per la loro realizzazione, che ne permettono l'implementazione anche in altri tipi di *software* e che riducono i tempi di realizzazione degli elaborati cartografici mantenendo al contempo l'uniformità tra i vari studi e la conformità con gli standard di rappresentazione.

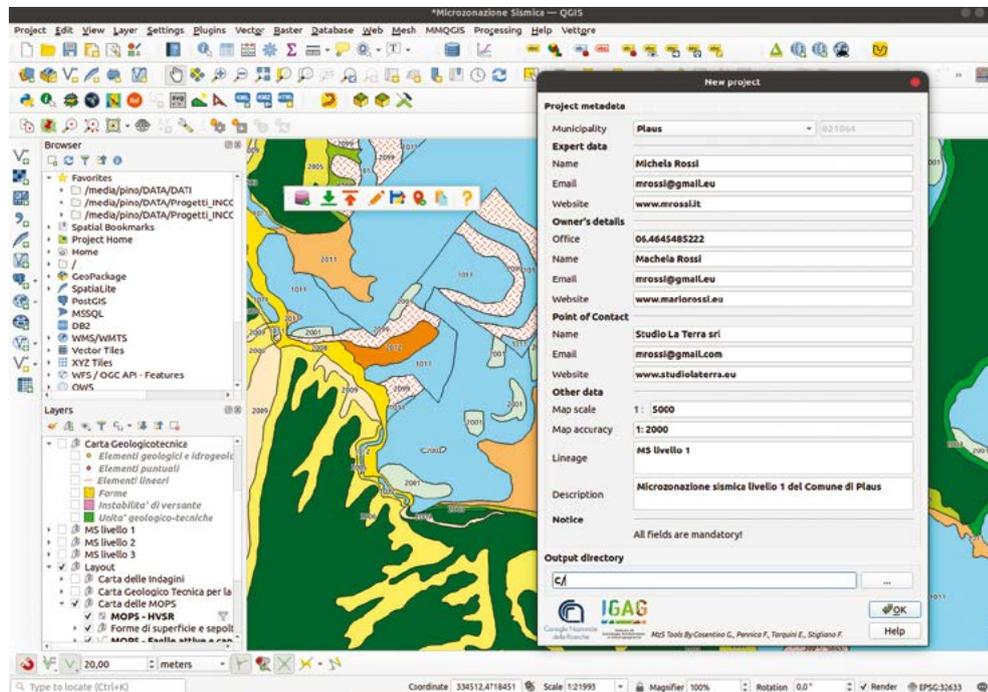


FIGURA 4.1
Un progetto di MS gestito con QGIS ed il plugin MzS Tools.

²² QGIS è un'applicazione desktop GIS *open source*, gratuita e multi piattaforma, distribuita con licenza GPL (*General Public License*). Possiede un elevatissimo livello di compatibilità con tutti i formati di dato tradizionali utilizzati in ambito GIS, con i sistemi di geodatabase "enterprise" basati su RDBMS come PostgreSQL ed Oracle, ed anche con i moderni servizi web-GIS quali WMS, WFS, layer basati su tile (come OpenStreetMap). Essendo un *software open source* con l'estendibilità tramite *plugin* Python può dare la possibilità di aggiungere nuove funzionalità personalizzate per rispondere a specifiche esigenze con la possibilità di condividerle con la comunità degli sviluppatori.

Con il *plugin* MzSTools si è cercato di rispondere ad una serie di esigenze pratiche, dando la possibilità agli autori degli studi di MS di utilizzare un ambiente *software* unico e di semplificare molti aspetti del processo di gestione di un progetto. Le principali caratteristiche del *plugin* che rispondono a queste esigenze e sulle quali verrà focalizzata l'attenzione nei prossimi paragrafi, possono essere individuate in:

- **generazione automatica di un progetto personalizzato**, per un qualsiasi Comune che ricade sul suolo Italiano, con una determinata struttura di file e cartelle, un database predisposto all'inserimento dei dati ed un progetto GIS preimpostato con *layer* cartografici, simbologie, *layout* di stampa ed una *toolbar* tramite la quale eseguire gli strumenti nelle varie fasi di lavoro;
- **geodatabase in formato SQLite/Spatialite** che permette di superare molte delle limitazioni insite nell'utilizzo del formato *shapefile* per i dati vettoriali georeferenziati, e del database Microsoft® Access per la gestione delle indagini; grazie all'utilizzo del geodatabase, ad esempio, non è necessario effettuare manualmente il collegamento tra informazioni geometriche e alfanumeriche per quanto riguarda le indagini, in quanto queste sono direttamente integrate nel database e nell'ambiente GIS; le sue caratteristiche di RDBMS (*Relational Database Management System*) garantiscono maggiore sicurezza per ciò che riguarda l'integrità dei dati, e permettono di creare automatismi (ad esempio generazione automatica di codici), grazie a caratteristiche quali *trigger* e *stored procedures*;
- **strumenti completi** ma di facile utilizzo per l'*editing* delle geometrie georeferenziate, coadiuvati da controlli topologici per assicurare la correttezza e coerenza dei *layer* cartografici;
- **integrazione**, nello stesso ambiente GIS, di interfacce di inserimento dati *user-friendly* per le tabelle degli attributi dei *layer* vettoriali e per il database delle indagini, con sistemi per semplificare la codifica delle informazioni ed il rispetto dei vincoli imposti dagli standard con riferimento alle tipologie di dato, valori ammissibili per i diversi parametri, relazioni fra le tabelle, ecc.;
- **strumenti di importazione** dei dati presenti in un progetto già esistente contenenti *shapefile* e database Access;
- **strumenti per l'esportazione del progetto** MzS Tools in una struttura conforme agli Standard per il processo di validazione degli studi;
- **automatizzazione** di alcune procedure di gestione dei dati, come il calcolo degli spessori della colonna stratigrafica, l'applicazione di regole topologiche relative all'*editing* geometrico degli oggetti poligonali, ecc.;
- **librerie di simboli pronti all'uso**, create in formato vettoriale .SVG²³ sulla base delle specifiche presentate in Appendice A;
- **progetto GIS** predisposto con i principali *layer* cartografici necessari alla produzione delle carte di MS, completi di appositi filtri e regole di visualizzazione per l'inserimento nei *layout* di stampa;
- **layout cartografici preimpostati** che riducono i tempi di realizzazione delle mappe.

L'utilizzo del *plugin* MzSTools presuppone una conoscenza di base con l'ambiente di QGIS, per il quale è disponibile una estensiva documentazione *online*²⁴.

²³ Scalable Vector Graphics (formato in .svg), indica un particolare formato che è in grado di visualizzare oggetti di grafica vettoriale e quindi di salvare immagini in modo che siano ingrandibili e rimpicciolibili a piacere senza perdere in risoluzione grafica.

²⁴ <https://qgis.org/it/docs/index.html>

4.1 PYTHON PLUGIN DI QGIS

Per effettuare la scelta della piattaforma *software* da utilizzare come base per lo sviluppo degli strumenti, si è tenuta in considerazione in primo luogo la natura di strumento *open source*, gratuito e multi piattaforma di QGIS, ma anche la relativa semplicità con cui è possibile aggiungere funzionalità personalizzate tramite *script* e programmi scritti in linguaggio Python. QGIS possiede funzionalità per lo sviluppo di modelli di geoprocessing tramite interfacce a blocchi semplificate e di *script* in linguaggio Python con i quali è possibile automatizzare procedure complesse. Il livello di integrazione con l'interfaccia grafica principale che è possibile raggiungere tramite i *plugin* in QGIS, non è invece facilmente raggiungibile in altri software. Un *plugin* infatti si integra completamente con QGIS, sia a livello di funzionalità che di interfaccia grafica.

In QGIS è direttamente integrato un interprete di Python ed una serie di librerie di base indispensabili per lavorare con dati vettoriali e raster. PyQGIS è la libreria che consente a Python di interagire con le funzionalità di QGIS, mentre per la creazione di interfacce grafiche personalizzate ed integrate nel programma principale è disponibile la libreria PyQt. Con quest'ultima è possibile creare finestre grafiche ed i loro componenti o "*widget*" (pulsanti, etichette, tabelle, menu a tendina, ecc.).

4.2 I FORMATI DEI DATI

Uno dei primi problemi tecnici da affrontare nella realizzazione di uno studio di MS consiste nella scelta dei formati di file da utilizzare per l'archiviazione dei diversi tipi di informazione. I formati originariamente previsti dagli Standard MS per l'archiviazione delle informazioni di MS, in particolare il formato shapefile per i dati vettoriali georeferenziati ed il formato di database [®]Microsoft Access con estensione .mdb (un formato che precede la versione introdotta nel 2007, caratterizzata dall'estensione .accdb), sono stati introdotti negli anni '90 del secolo scorso e soffrono ormai di evidenti limiti tecnici che potrebbero causare vari tipi di problemi, di seguito elencati.

Per quanto riguarda lo shapefile:

- le dimensioni dei file non possono superare i 2 GB;
- i nomi dei campi tabellari non possono superare i 10 caratteri;
- nei campi di tipo numerico non possono essere memorizzati valori nulli, per cui questi vengono normalmente sostituiti in modo automatico con il valore zero, cosa che potrebbe portare a falsare i risultati dei calcoli eseguiti sui campi;
- nei campi di tipo testo non è possibile inserire più di 255 caratteri, rendendo di fatto impossibile inserire note testuali di una certa lunghezza, le quali vengono semplicemente troncate alla lunghezza di 255 caratteri;
- scarso supporto al formato *Unicode*, che rende problematica la gestione di caratteri accentati ed altri caratteri speciali;
- assenza di informazioni topologiche per il controllo della coerenza delle geometrie;
- degrado delle prestazioni in visualizzazione oltre un certo numero di oggetti;
- tendenza alla corruzione dei file e sviluppo di errori geometrici in seguito all'utilizzo di strumenti di elaborazione.

Per quanto riguarda il formato Access con estensione mdb, le limitazioni riguardano:

- scarsa interoperabilità con altri *software* GIS;
- le dimensioni del database che non possono superare i 2 GB;
- alcune funzionalità tipiche dei *Relational Database Management Systems*, ma non comparabili con sistemi RDBMS *open source*.

Con lo sviluppo del *plugin* "MzS Tools" si è cercato di trovare le migliori soluzioni tecniche open source attualmente in uso utilizzando il formato di geodatabase *SQLite/Spatialite*, sfruttando le potenzialità e l'estendibilità di QGIS per sostituire completamente SoftMS e gli shapefile, ed introducendo al contempo nuove caratteristiche per automatizzare molte operazioni e garantire una maggiore qualità dei dati.

Spatialite è un'estensione che introduce funzionalità spaziali nell'RDBMS *SQLite*, per il supporto dei dati georeferenziati. Si tratta di un formato aperto, gratuito, compatto, basato sugli standard *Open GIS Consortium* e indipendente da specifiche piattaforme o applicazioni. Pertanto, *SQLite/Spatialite* consente di creare geodatabase monoutente completi, leggeri e performanti e di interagirvi tramite il linguaggio SQL (*Structured Query Language*) ed una serie completa di funzioni di tipo spaziale. Si tratta di banche dati costituite da un singolo file (generalmente con estensione *sqlite*), e non necessitano di processi di tipo "server" in esecuzione in locale o su server remoti. Il nuovo formato di geodatabase "GeoPackage" è inoltre basato su *Spatialite* e con esso in larga parte compatibile.

Il geodatabase gestito tramite il *plugin* *MzSTools* è stato strutturato (Figura 4.2) in modo da archiviare sia le tabelle fondamentali descritte negli Standard MS, che una serie di tabelle accessorie:

- tabelle dei codici (o tabelle di *lookup*), necessarie per definire i domini, cioè l'insieme dei valori accettati per l'inserimento all'interno di determinati campi; gli Standard infatti definiscono, all'interno di varie "tabelle di decodifica", una serie di codici e le relative descrizioni che è possibile inserire all'interno delle tabelle in determinati campi. Per rendere più semplice l'inserimento di tali codici, vengono utilizzati nel progetto QGIS alcuni elementi grafici (*widget*), contenuti nelle interfacce di inserimento dati, che fanno riferimento ai codici memorizzati all'interno queste tabelle accessorie;
- "viste", ovvero tabelle virtuali basate su specifiche *query*; un esempio di vista è quella che consente di visualizzare i siti di indagine nella Carta delle Indagini con la simbologia appropriata.

Sono inoltre presenti nel database altri elementi, quali funzioni e *trigger*, necessari per l'automatizzazione di alcune procedure ed a garantire il più possibile il mantenimento dell'integrità dei dati.

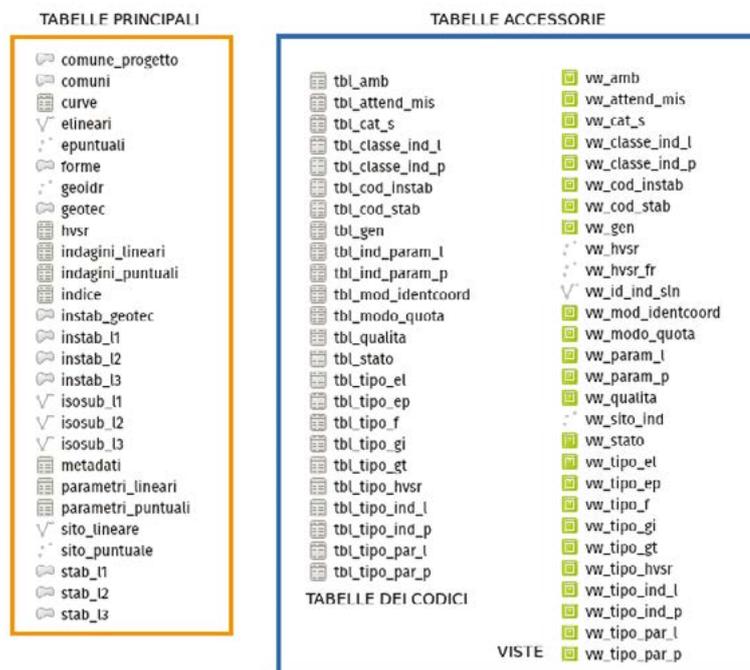


FIGURA 4.2
Tabelle georeferenziate ed alfanumeriche che fanno parte della struttura del geodatabase.

4.3 INSTALLAZIONE DEL PLUGIN E TOOLBAR PRINCIPALE

I *plugin* sviluppati per QGIS sono di facile installazione ed aggiornamento. MzS Tools *plugin* è pubblicato nel *repository* ufficiale delle estensioni, per l'installazione è sufficiente effettuare la ricerca nell'apposito gestore e cliccare sul pulsante "Installa" (Figura 4.3). Quando è disponibile un aggiornamento viene visualizzato un avviso nella barra di stato di QGIS, che premette di aggiornare tutto con un "click".

Per una corretta installazione del *plugin* è comunque consigliabile fare sempre riferimento alle informazioni aggiornate presenti nel manuale, accessibile tramite il pulsante "Help" della toolbar, e sul *repository* GitHub²⁵.

Se l'installazione del *plugin* viene portata a termine con successo, sarà possibile interagire con esso e con le sue componenti mediante una serie di strumenti specifici contenuti nella toolbar del *plugin* (Figura 4.4), e tramite le funzionalità di base di QGIS (strumenti di *editing*, composizione dei *layout* di stampa, strumenti di *geoprocessing*, ecc.).

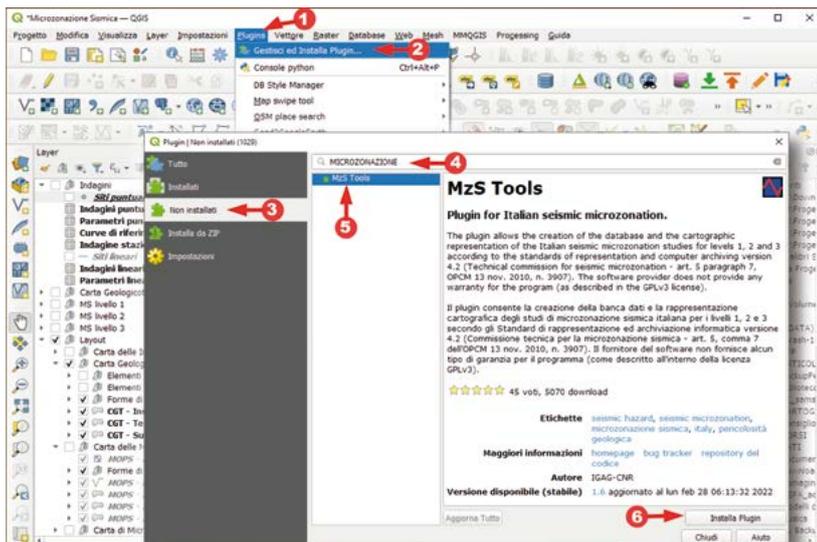


FIGURA 4.3

Installazione di MzSTools:

- 1) dal menu di QGIS selezionare "Plugin" e successivamente; "Gestisci ed Installa Plugin"...
- 2) si aprirà la finestra "Plugin" andare nella sezione "Non Installati" e fare;
- 3) una ricerca mettendo una parola chiave come per e sempio: "microzonazione" comparirà un elenco di plugin tra i quali MzSTools;
- 4) selezioniamo dalla ricerca "MzSTools" e clicchiamo sul pulsante 6. "Installa Plugin".

-  Nuovo progetto
-  Importa la cartella di progetto nel geodatabase SQLite
-  Esporta il geodatabase SQLite in una cartella di progetto secondo Standard MS
-  Aggiunge un oggetto o un record in una tabella attributi
-  Salva editing
-  Aggiunge un oggetto puntuale tramite l'inserimento di coordinate XY in WGS84-UTM33N
-  Copia/incolla oggetto dei Layer Stab ed Instab
-  Manuale in linea/video tutorial

FIGURA 4.4

Strumenti specifici del plugin MzSTools contenuti nella toolbar.

²⁵ <https://github.com/CNR-IGAG/mzs-tools>

4.4 IL PROGETTO GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) LA MICROZONAZIONE SISMICA

FIGURA 4.5

Creazione di un nuovo progetto di microzonazione sismica con MzS Tools.

Il primo strumento, rappresentato dal pulsante *New project* consente di avviare un nuovo progetto di MS, grazie alla generazione automatica di uno spazio di archiviazione del Comune oggetto di studio (Figura 4.5). Il primo elemento dello strumento è un menu a tendina dove è possibile scorrere la lista dei Comuni Italiani, fra i quali selezionare quello oggetto dello studio. Con questa selezione vengono in realtà eseguite una serie di impostazioni fondamentali del progetto: il database viene predisposto, tramite viste (tabelle "virtuali" basate su *query SQL*²⁶), al filtraggio dei dati in base al comune, e sia la mappa principale di QGIS che i *layout* di stampa vengono automaticamente centrati ed impostati ad un livello di zoom opportuno. Gli altri elementi da compilare sulla scheda riguardano i metadati del progetto previsti dagli Standard MS, e quindi si tratta di informazioni sull'autore dello studio, sulla proprietà dei dati e su caratteristiche quali la scala di riferimento.

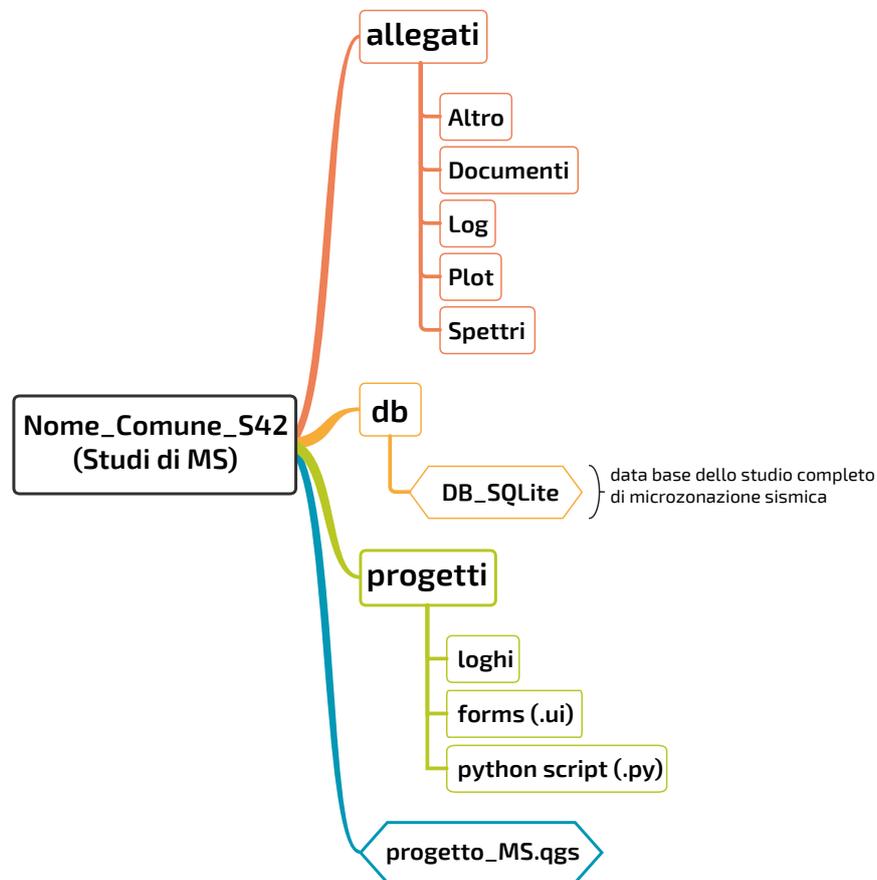
Nel campo *Output directory* viene selezionata la cartella all'interno della quale verrà generata l'intera struttura di archiviazione del progetto di MS. È molto importante quindi selezionare una cartella vuota, e successivamente avere cura di mantenerne il contenuto inalterato, effettuando periodicamente copie di *backup* in modo da poter tornare indietro nell'eventualità di perdite di dati o altre modifiche accidentali.

La cartella di lavoro generata dallo strumento è caratterizzata da una serie di file e sottocartelle (Figura 4.6):

- **ALLEGATI.** Questa cartella può essere utilizzata dall'operatore per archiviare tutti i dati accessori al progetto, come, ad esempio, le carte di output richieste dagli Standard in formato ".pdf", i *file raster delle basemap* da caricare nel progetto e i file degli spettri elastici di risposta in formato ".txt". Sono presenti, inoltre, diverse sottocartelle nelle quali archiviare i file allegati;
- **DB.** In questa cartella è collocato il geodatabase di progetto;
- **PROGETTO.** All'interno di questa cartella sono presenti una serie di file necessari al corretto funzionamento del progetto (ad esempio, *script*, file di definizione delle interfacce grafiche, loghi ed immagini) e che, pertanto, non devono essere modificati dall'utente.

È importante sottolineare il fatto che questa struttura di archiviazione non corrisponde a quella prevista dagli Standard, in quanto è ottimizzata per l'utilizzo con QGIS ed il *plugin* MzS Tools. La generazione di una struttura conforme agli Standard MS deve quindi essere considerata come fase finale del flusso di lavoro e può essere eseguita, anche in questo caso, in modo automatico tramite uno strumento di esportazione.

²⁶ SQL (Structured Query Language) è un linguaggio standardizzato per database basati sul modello relazionale (RDBMS), progettato per le seguenti operazioni: creare e modificare schemi di database (DDL = Data Definition Language); inserire, modificare e gestire dati memorizzati (DML = Data Manipulation Language); interrogare i dati memorizzati (DQL = Data Query Language); creare e gestire strumenti di controllo e accesso ai dati (DCL = Data Control Language).

**FIGURA 4.6**

Struttura di archiviazione di un progetto di MS generato dal *plugin* MzS Tools.

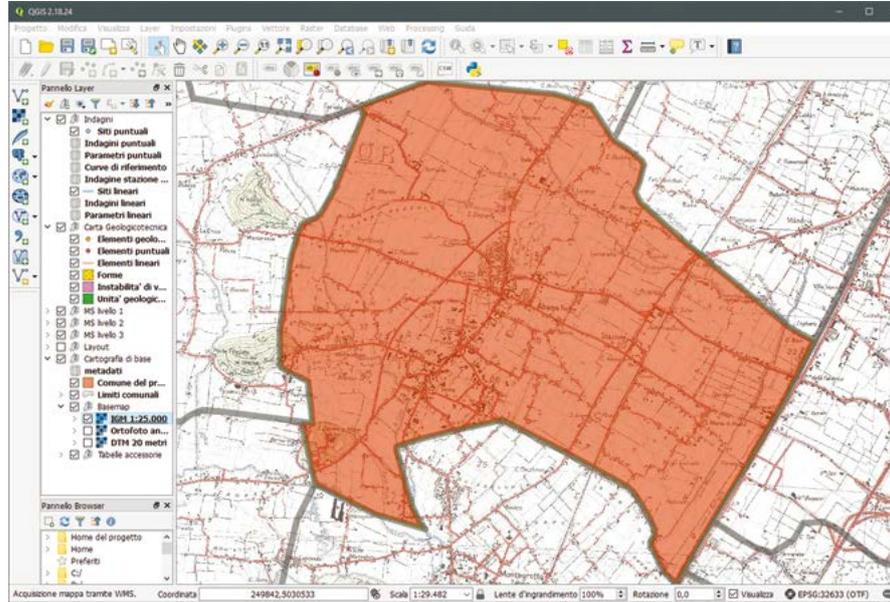
Uno dei file più importanti all'interno della cartella di progetto è il file denominato "progetto_MS", con estensione ".qgs". Questo è il file all'interno del quale viene salvato lo "stato" del progetto, e pertanto contiene informazioni sui *layer* caricati, sulle simbologie applicate ai dati, i collegamenti alle tabelle del geodatabase, ma anche elementi come le connessioni agli *script* e alle finestre grafiche, nonché ai *layout* di stampa. Come per il resto della struttura di archiviazione, è molto importante preservare l'integrità di questo file.

È possibile aggiungere *layer* (ad esempio è sicuramente utile aggiungere mappe di base come la cartografia CTR del comune oggetto di studio) ed altri collegamenti in linea come *layer* WMS²⁷ ed è importante salvare il progetto al termine di una sessione di lavoro. Bisogna però avere cura di non eliminare o modificare i *layer* già presenti nel progetto subito dopo averlo generato: in questo modo infatti si potrebbero perdere i collegamenti agli *script* ed alle interfacce di inserimento necessarie per il funzionamento di diversi strumenti messi a disposizione dal *plugin*.

Nella **Figura 4.7** il nuovo progetto del *plugin* MzS Tools focalizza l'anteprima del Comune con la base topografica IGM al 25.000 e tutti gli strati informativi e di *layout* già presenti nella Pannello *layer* nel progetto di QGIS.

²⁷ L'OpenGIS® Web Map Service Interface Standard (WMS) fornisce un servizio HTTP per la richiesta di immagini digitali di mappe georiferite da uno o più database geospaziali. Una richiesta WMS definisce i livelli geografici e l'area di interesse da elaborare. La risposta alla richiesta è una o più immagini digitali della mappa georiferite (restituite in formato JPEG, PNG, ecc.) che possono essere visualizzate in un'applicazione browser o da software GIS desktop. La specifica WMS è diventata standard ISO 19128.

FIGURA 4.7
Nuovo progetto
generato dal plugin



Gli elementi principali del progetto QGIS possono essere identificati in:

- struttura ad albero dei layer del progetto, rappresentata nel "Pannello dei Layer" di QGIS (Figura 4.8); come già accennato, tutti i layer presenti all'interno di questi gruppi non devono subire modifiche per quanto riguarda aspetti come stile e simbologia (Figura 4.9), struttura della tabella degli attributi, join o relazioni (Figura 4.10). L'inserimento e l'editing del contenuto dei diversi layer deve essere effettuato secondo le modalità descritte nel prossimo paragrafo. Il gruppo "Layout" contiene regole di stile e filtri specifici per la composizione dei layout di stampa, e vanno quindi utilizzati solo in fase di generazione delle carte. Nel gruppo "Cartografia di base" sono precaricati alcuni layer di utilità quali i limiti comunali ed alcuni servizi WMS, ma è possibile aggiungerne altri in base alle esigenze di progetto;

FIGURA 4.8
Gruppi di layer
principali presenti
all'interno del progetto
GIS.

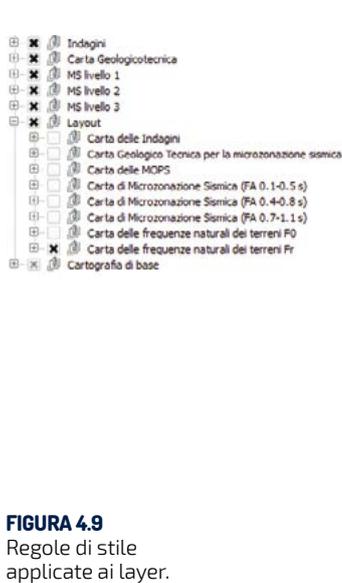


FIGURA 4.9
Regole di stile
applicate ai layer.

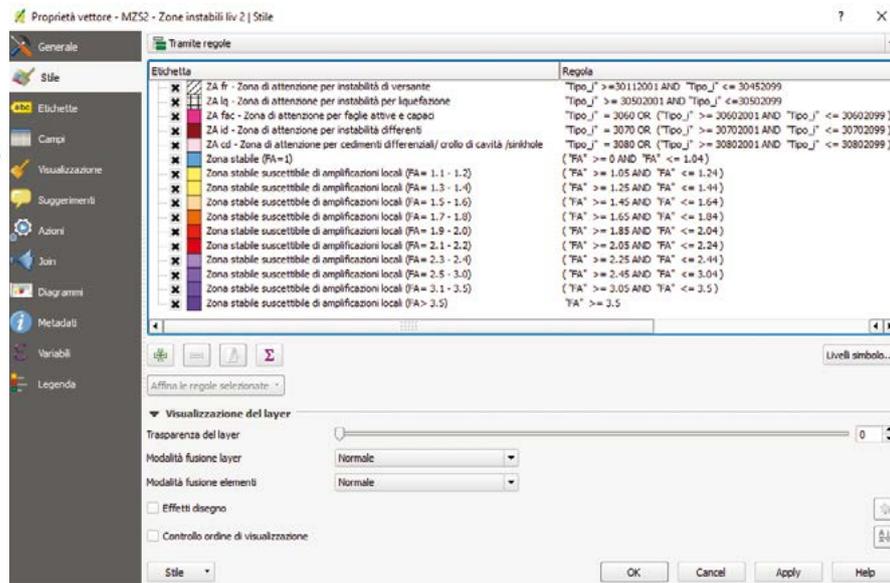


FIGURA 4.10
Relazioni fra tabelle impostate nel progetto.

Nome	Layer figlio	Campo di riferimento	Layer padre	Campo a cui si fa riferire	Id
fk_l_indagini_p...	Parametri lineari	id_indln	Indagini lineari	id_indln	fk_l_indagini_parametri
fk_l_sti_indagini	Indagini lineari	id_sln	Siti lineari	id_sln	fk_l_sti_indagini
fk_p_indaginiL...	Indagine stazione singola	id_indpu	Indagini puntuali	id_indpu	fk_p_indagini_hvr
fk_p_indaginiL...	Parametri puntuali	id_indpu	Indagini puntuali	id_indpu	fk_p_indagini_parametri
fk_p_parametriL...	Curve di riferimento	id_parpu	Parametri puntuali	id_parpu	fk_p_parametri_curve
fk_p_sti_indagini	Indagini puntuali	id_spu	Siti puntuali	id_spu	fk_p_sti_indagini

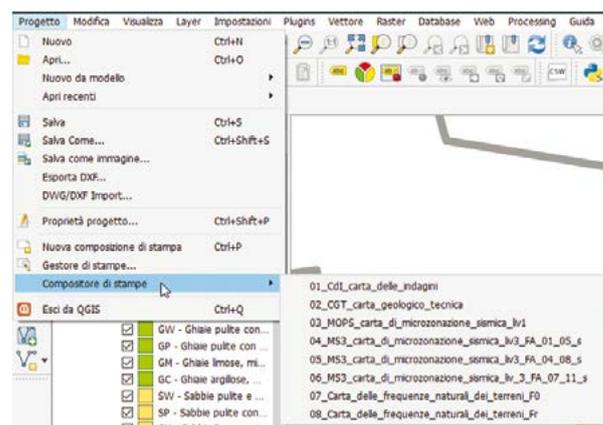
- toolbar del *plugin* MzS Tools; come tutte le barre degli strumenti di QGIS, questa può essere visualizzata o nascosta utilizzando il menu "Visualizza – Barre degli strumenti";
- interfacce di inserimento dati: per ogni *layer* all'interno del quale è previsto l'inserimento dati, sono impostate una serie di funzionalità di QGIS (Figura 4.11) che permettono al *software* di utilizzare interfacce grafiche semplificate e guidate per l'inserimento delle informazioni alfanumeriche relative alle geometrie selezionate in fase di *editing*. È quindi importante non modificare queste impostazioni dei *layer* per non perdere le funzionalità di inserimento;

FIGURA 4.11
Proprietà dei layer che permettono l'utilizzo di interfacce di inserimento dati semplificate.

Id	Nome	Widget per la modifica	Alias	Tipo	Nome tipo	Lr
132 0	pkuid	Modifica testo		qlonglong integer		0
133 1	ID_gt	Modifica testo		qlonglong integer		0
altc 2	Tipo_gt	Relazione valore		QString text		0
133 3	Stato	Modifica testo		qlonglong integer		0
altc 4	Gen	Modifica testo		QString text		0
altc 5	Tipo_geo	Modifica testo		QString text		0

- *layout* di stampa (Figura 4.12) per richiamare la cartografia dello studio, sono accessibili dal menu "Progetto". Selezionando uno dei *layout* viene aperta la finestra relativa alla cartografia selezionata, impostata con gli elementi grafici principali descritti negli Standard MS. Alcuni elementi, quali ad esempio le legende, vanno modificati manualmente, come verrà spiegato in un successivo paragrafo.

FIGURA 4.12
Layout di stampa per le Carte di MS nel Progetto di MzS Tools.



4.5 INSERIMENTO DATI NEL GEODATABASE

Una delle prime operazioni da effettuare nel progetto QGIS per uno studio di MS consiste nell'inserimento dei dati delle indagini puntuali e lineari, e successivamente, a seguire, tutti i dataset descritti negli Standard e riassunti nel **Capitolo 2**. Per l'inserimento dei dati è necessario selezionare il *layer* nel pannello di QGIS e successivamente attivare la funzionalità di editing tramite il pulsante "Add feature or record" della toolbar di MzS Tools (**Figura 4.13**).

Questa azione consente di impostare automaticamente, per alcuni *layer*, una serie di controlli topologici che possono essere di aiuto nell'evitare alcuni errori geometrici comuni in fase di editing.

Dopo aver editato una geometria, secondo le modalità descritte nel manuale, viene visualizzata la corrispondente interfaccia per l'inserimento degli attributi. La finestra di inserimento può essere più o meno articolata in base alla quantità di informazioni correlate alla geometria inserita (**Figura 4.14**). Come spiegato nel **Capitolo 2**, per le indagini puntuali e lineari è necessario inserire una notevole quantità di informazioni strutturate (sito, indagini, parametri), per cui in questo caso l'interfaccia di inserimento risulta più complessa, con menu a scelta multipla per i codici ed una serie di altri elementi grafici. Per una descrizione dettagliata delle modalità di inserimento delle informazioni e di utilizzo delle interfacce si rimanda al manuale del *plugin* che è richiamabile in linea per mezzo del pulsante "Help"

I *layer* per i quali vengono attivati i controlli topologici sono riassunti nella **Tabella 4.1**. In un GIS, la topologia esprime le relazioni spaziali tra geometrie vettoriali (punti, polilinee e poligoni) collegate o adiacenti. I dati topologici sono utili per individuare e correggere gli errori di digitalizzazione e sono necessari per effettuare alcuni tipi di analisi spaziale.

Gli errori topologici possono essere di diversi tipi, e possono essere classificati in diversi modi in base al tipo di geometrie vettoriali utilizzate (poligoni o polilinee). In particolare, gli errori topologici con poligoni possono includere poligoni non chiusi, spazi tra i bordi dei poligoni o confini sovrapposti (**Figura 4.15**), mentre un errore topologico comune con polilinee si ha quando due segmenti non si incontrano perfettamente in un punto (nodo). In generale, gli errori topologici interrompono le corrette relazioni tra le geometrie vettoriali, e possono determinare errori in vari tipi di analisi, come ad esempio la misurazione di aree.

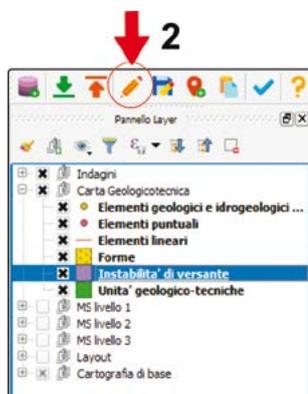


FIGURA 4.13

Attivazione dell'editing di un *layer*:
 1) selezione del *layer*;
 2) attivazione dello strumento di editing della toolbar.

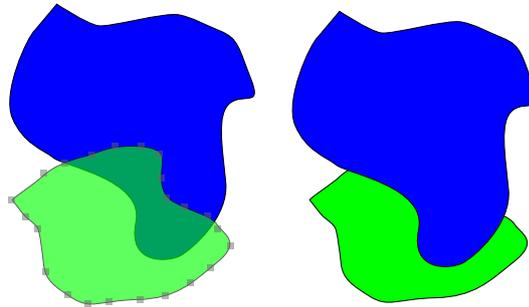


FIGURA 4.14

Interfaccia di inserimento degli attributi.

FIGURA 4.15

Esempio di sovrapposizione tra poligoni adiacenti. Per evitare sovrapposizioni di poligoni, quando un nuovo poligono viene digitalizzato (mostrato in verde) viene ritagliato per evitare la sovrapposizione di aree adiacenti.



Per quanto riguarda gli studi di MS, è importante evitare questo tipo di errori, soprattutto in alcuni layer come le zone stabili ed instabili, e le Unità geologico-tecniche. Per l'editing delle geometrie appartenenti a questi layer, il plugin MzS Tools sfrutta le funzionalità di editing topologico di QGIS²⁸; alcuni software GIS infatti supportano questo tipo di controlli tramite estensioni proprietarie per determinati formati di geodatabase, mentre QGIS è in grado di applicare alcune regole di controllo indipendentemente dal formato vettoriale utilizzato.

TABELLA 4.1

Regole di controllo topologico impostate per alcuni layer del progetto QGIS.

REGOLA TOPOLOGICA	LAYER 1	LAYER 2
Intersezione	Zone stabili liv.1	Zone instabili liv.1
Intersezione	Zone stabili liv.2	Zone instabili liv.2
Intersezione	Zone stabili liv.3	Zone instabili liv.3
Auto-intersezione	Zone stabili liv.1	Zone stabili liv.1
Auto-intersezione	Zone stabili liv.2	Zone stabili liv.2
Auto-intersezione	Zone stabili liv.3	Zone stabili liv.3
Auto-intersezione	Zone instabili liv.1	Zone instabili liv.1
Auto-intersezione	Zone instabili liv.2	Zone instabili liv.2
Auto-intersezione	Zone instabili liv.3	Zone instabili liv.3
Auto-intersezione	Unità geologico-tecniche	Unità geologico-tecniche

Utilizzando il pulsante evidenziato in **Figura 4.16**, è possibile aggiungere un nuovo sito puntuale mediante l'inserimento dei valori delle coordinate X, Y. Tale strumento può risultare particolarmente utile nel caso in cui si abbiano a disposizione le coordinate dei siti di indagine solo in forma testuale. All'avvio dello strumento, viene visualizzata una finestra che richiede la compilazione dei dati numerici (in metri) relative alle coordinate di Longitudine ("Coord_X") e Latitudine ("Coord_Y") nel Sistema di riferimento "WGS84 UTM 33N" (codice EPSG 32633).

FIGURA 4.16

Tool per l'inserimento di un sito puntuale tramite coordinate.



²⁸ https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/gentle_gis_introduction/topology.html

4.6 IMPORTAZIONE DEI DATI DA UN PROGETTO DI MICROZONAZIONE SISMICA ESISTENTE

In alcuni casi si può verificare una situazione in cui un nuovo studio di MS deve partire da uno studio già esistente, ad esempio quando il nuovo studio tratta un approfondimento di livello 3 precedentemente non effettuato. In questi casi è sicuramente conveniente importare i dati già esistenti, e procedere successivamente alle integrazioni.

Per rendere più agevole l'importazione di dati provenienti da un progetto preesistente, conforme agli Standard MS, e quindi costituito dalla struttura di cartelle e file descritta nel **Capitolo 2**, il *plugin* MzS Tools è dotato del tool "Import project folder to geodatabase" (Figura 4.17).

In particolare, lo strumento è in grado di trasferire in modo automatico nella nuova struttura del *plugin*:

- i dati provenienti dagli shapefile e dal database Access "Cdl_tabelle" con estensione .mdb del vecchio progetto;
- i documenti (ad esempio le carte in formato .pdf e i file degli spettri elastici di risposta in formato .txt) presenti nelle cartelle accessorie del vecchio progetto.

Per l'importazione dei dati dal database Microsoft Access® è necessario eseguire delle operazioni di preparazione dettagliatamente descritte nel manuale del *plugin*, a cui si rimanda. Dopo aver effettuato queste preparazioni ed aver eseguito l'importazione dei dati all'interno del nuovo Progetto, viene generato un report testuale sull'esito dell'operazione di importazione, in cui viene riportato l'esito dell'operazione di trasferimento dei dati, evidenziando anche eventuali problemi riscontrati.

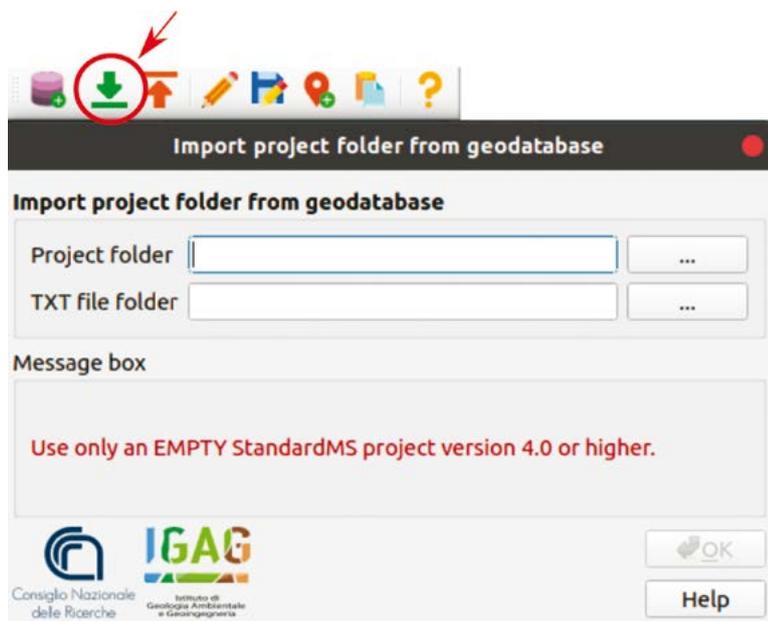


FIGURA 4.17
Strumento di importazione dati da un progetto preesistente conforme agli Standard (versione 4 e successive).

4.7 LO STRUMENTO COPIA OGGETTI 'STAB' ED 'INSTAB' DIVERSI LIVELLI DI MICROZONAZIONE SISMICA

Lo strumento "Copy Stab or Instab layer", attivabile tramite il pulsante evidenziato in Figura 4.18, consente di copiare tutti gli oggetti geometrici presenti in un layer "Zone stabili"

FIGURA 4.18

Strumento per la copia di oggetti Stab e Instab fra diversi livelli di approfondimento.



(o "Zone instabili") all'interno di un layer "Zone stabili" (o "Zone instabili") di livello diverso. In questo caso, quindi, si consente di eseguire l'*editing* di un nuovo livello di approfondimento, utilizzando come base l'informazione spaziale dei poligoni provenienti da un precedente livello. Questa funzione caratteristica è stata predisposta per facilitare l'*editing* degli strati informativi in cui sono richieste features class presenti in un layer differente.

4.8 STRUMENTO DI ESPORTAZIONE DEI DATI

La struttura di archiviazione generata da MzS Tools essendo costituita da un unico geo-database non corrisponde esattamente a quella prevista dagli Standard MS, in quanto ottimizzata per l'utilizzo con QGIS e per gli strumenti propri del plugin. La generazione di una struttura conforme agli Standard costituisce la fase finale del flusso di lavoro, e può essere eseguita, in modo automatico, tramite lo strumento di esportazione (Figura 4.19).

FIGURA 4.19

Strumento di esportazione del progetto in una struttura conforme agli Standard MS.

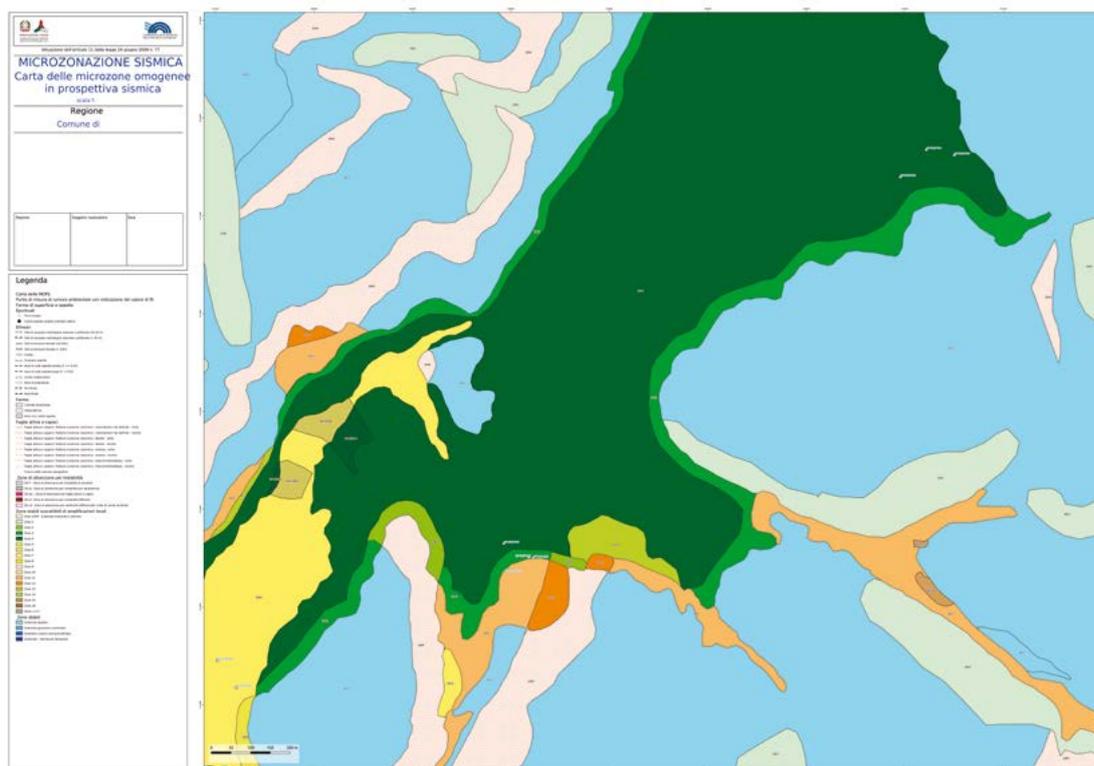


La finestra di dialogo dello strumento richiede semplicemente di selezionare una cartella in cui effettuare l'esportazione. Al termine delle operazioni, il tool genera un report testuale contenente l'esito dell'esportazione del progetto.

4.9 LAYOUT DI STAMPA

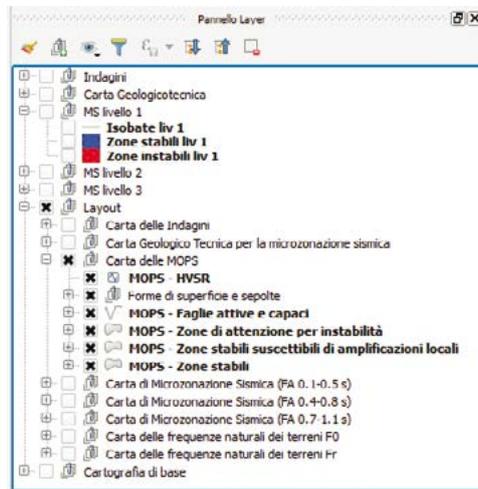
Durante la creazione di un nuovo progetto, il plugin MzS Tools genera una struttura di progetto specifica per il Comune oggetto dello studio. Il file di progetto QGIS, oltre ad avere memorizzati i percorsi, le etichette e gli stili di rappresentazione dei *layer* del geodatabase, insieme ai collegamenti ai file di codice Python contenenti la logica di funzionamento del *plugin*, presenta al suo interno la struttura dei *layout* di stampa delle diverse carte richieste dagli Standard MS (Figura 4.20). Anche questi *layout* vengono personalizzati con le informazioni immesse durante la fase di creazione del progetto, ed in larga parte sono preimpostati sulla base delle indicazioni fornite dagli standard, ad esempio riguardo le dimensioni della mappa e di altri elementi grafici.

FIGURA 4.20
Layout della Carta delle MOPS.



Per poter operare sui *layout* di stampa, è necessario attivare determinati *layer* del progetto QGIS, specificamente impostati per la restituzione cartografica e contenuti nel *group layer* "Layout" (Figura 4.21), ed allo stesso tempo disattivare gli altri gruppi di *layer* utilizzati per l'inserimento e l'*editing* dei dati. In questo modo all'interno dei *layout* vengono organizzati e visualizzati i *layer* secondo criteri specificamente indirizzati alla cartografia; ad esempio, per le indagini puntuali, viene attivata una visualizzazione secondo lo stile "spostamento punto", che consente, come spiegato nel **Capitolo 2**, di distinguere le diverse indagini associate ad ogni sito.

Selezionando uno dei *layout* di stampa è possibile personalizzare manualmente alcuni elementi, quali ad esempio alcuni spazi testuali, ed aggiornare la legenda sulla base degli elementi effettivamente visibili su mappa.

**FIGURA 4.21**

Gruppo di layer specifici per l'utilizzo all'interno dei layout di stampa delle mappe.

4.10 MANUALISTICA E VIDEO-GUIDE

Per maggiori dettagli sull'utilizzo del *plugin* MzS Tools si rimanda al materiale informativo presente nel manuale, richiamabile direttamente all'interno di QGIS tramite il pulsante "Help" presente nella barra degli strumenti, e nella pagina GitHub del progetto²⁹. Sono inoltre disponibili n. 16 video *tutorial*³⁰ sintetici ed esplicativi sulla piattaforma Google YouTube che descrivono l'utilizzo dei diversi strumenti attraverso esempi pratici richiamabili dal pulsante "Help" all'interno delle maschere di inserimento degli attributi, di seguito l'elenco:

- Nuovo Progetto³¹;
- *Basemap*³²;
- *Layer*³³;
- Inserimento sito d'indagine³⁴;
- Inserimento indagini³⁵;
- Inserimento parametri indagini³⁶;
- Inserimento curve indagini puntuali³⁷;
- Inserimento parametri HVSr³⁸;
- Add sito puntuale³⁹;
- *Editing* delle zone stabili e delle zone instabili⁴⁰;
- *Editing* topologico⁴¹;
- Strati informativi e simbologia⁴²;
- *Layout* di stampa⁴³;
- Copia Stab/Instab⁴⁴;
- Importa Progetto MS⁴⁵;
- Esporta Progetto MS⁴⁶.

29 <https://github.com/CNR-IGAG/mzs-tools>

30 <https://www.youtube.com/channel/UCFtx86v8YerDwA-EajHosAQ/videos>

31 <https://youtu.be/TcaljLE5Tck>

32 <https://youtu.be/4VszaKt51g4>

33 <https://youtu.be/Gb-utiagmyM>

34 <https://youtu.be/YpzmEt1Xzvs>

35 <https://youtu.be/aP2buSJK8iE>

36 <https://youtu.be/-tjezNh1m1A>

37 <https://youtu.be/EPRPjKvbUwE>

38 <https://youtu.be/PDjnJThqHE8>

39 <https://youtu.be/4iQ9OacJ7lw>

40 <https://youtu.be/drs3COLtML8>

41 <https://youtu.be/dnJlJTnZQIQ>

42 <https://youtu.be/0V30VaUZsPW>

43 https://youtu.be/u-Fj_29y0i0

44 <https://youtu.be/gghT6tragWM>

45 <https://youtu.be/8zMFWIEGQJO>

46 <https://youtu.be/dYcMZSpu6HA>

BIBLIOGRAFIA

Commissione tecnica MS 3907 (2014)

Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 4. 1, novembre 2018; Dipartimento delle Protezione Civile Nazionale, Roma.

[<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/26-standardms-41>]

Commissione tecnica MS 3907 (2015)

Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC). Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Roma.

[<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/10-linee-guida-per-la-gestione-del-territorio-interessato-da-faglie-attive-e-capaci>]

Commissione tecnica MS 3907 (2015c)

Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazioni (LQ). Dipartimento delle Protezione Civile Nazionale, Roma.

[<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/21-linee-guida-per-la-gestione-del-territorio-in-aree-interessate-da-liquefazioni>]

Commissione tecnica per la Microzonazione sismica (2017)

Microzonazione sismica – Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante cosismiche (FR). Versione 1.0. Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Roma, 2017.

[<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/13-linee-guida-per-la-gestione-del-territorio-in-aree-interessate-da-instabilita-di-versante-cosismiche>]

Gruppo di Lavoro Fivizzano (2019)

Microzonazione sismica di livello 3: il caso del centro abitato di Fivizzano (MS). Roma, 2019 [<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/30-microzonazione-sismica-di-livello-3-il-caso-del-centro-abitato-di-fivizzano-ms>]

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.

[<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/7-indirizzi-e-criteri-per-la-microzonazione-sismica>]. [<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/8-indirizzi-e-criteri-per-la-microzonazione-sismica-dvd>]

Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28.4.2006 (2006)

Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale del 11.5.2006.

Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria sismica Anno XXVIII n.2 (2011)

Aggiornamenti di Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (2008).

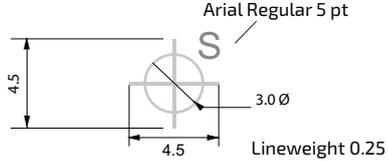
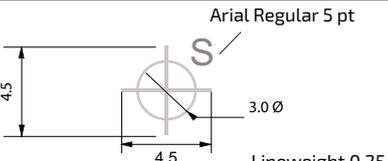
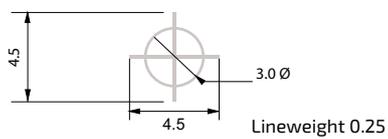
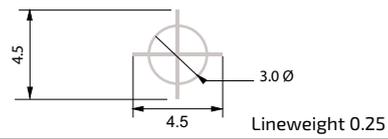
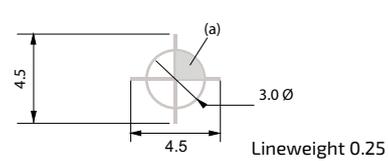
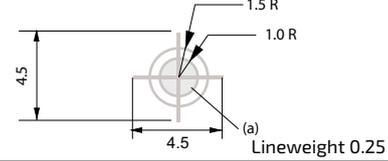
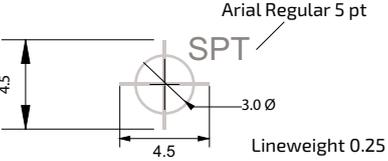
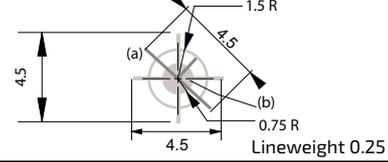
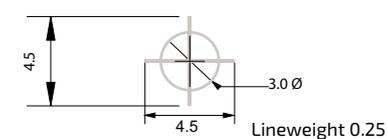
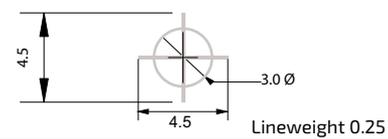
[<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/17-contributi-per-l-aggiornamento-degli-indirizzi-e-criteri-per-la-microzonazione-sismica>]

ALLEGATI

**LA CARTOGRAFIA
DI MICOZONAZIONE SISMICA
IN ITALIA: METODI E STRUMENTI**

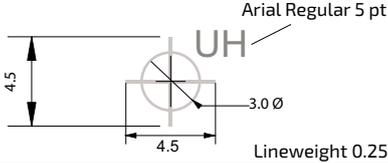
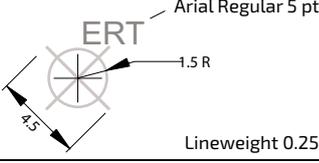
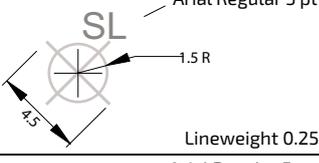
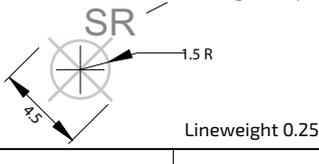
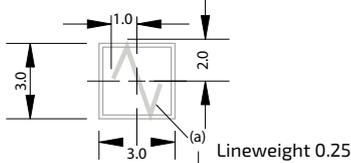
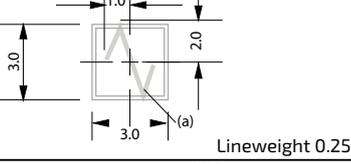
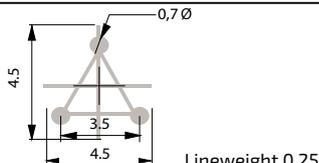
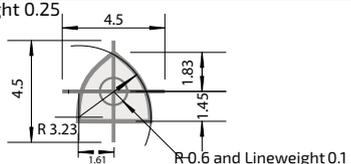
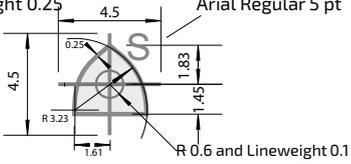
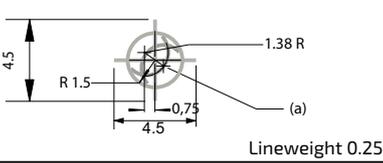
La simbologia

1. IND_PU GEOMETRIA PUNTUALE

REF. NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 SS	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
02 SDS	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato			Linee 0, 0, 0, 100 Font 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,0
03 S	Sondaggio a carotaggio continuo			Linee: 0,0,0,100 Fill: 0,75,90,0
04 SD	Sondaggio a distruzione di nucleo			Linee: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,0
05 SC	Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni			Linee: 0, 0, 0,100 Fills: 0,100,100,0 (a) 0,0,0,0
06 SP	Sondaggio con piezometro			Linee 0,0,0,100 Fills: 75,27,0,0 (a) 0,0,0,0
07 SPT	Prova penetrometrica in foro (SPT)			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
08 SI	Sondaggio con inclinometro			Linee: 0,100,100,0 (a) 0,0,0,100 Fills: 0,0,0,0 0,36,87,0 (b)
09 PA	Pozzo per acqua			Linee: 0,0,0,100 Fill: 0,75,27,0
10 PI	Pozzo per idrocarburi			Linee: 0, 0, 0,100 Fill: 0,0,0,50

1. IND_PU GEOMETRIA PUNTUALE

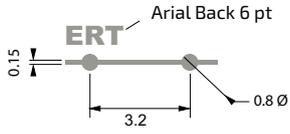
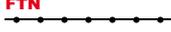
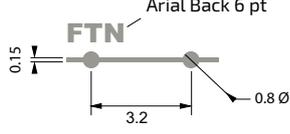
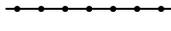
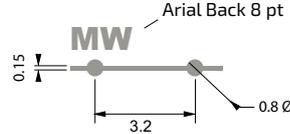
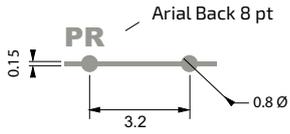
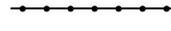
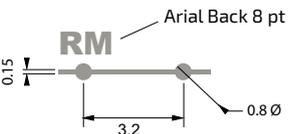
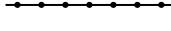
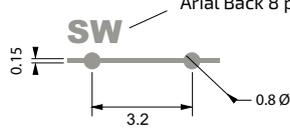
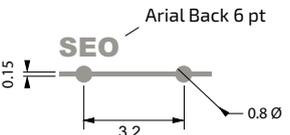
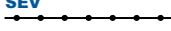
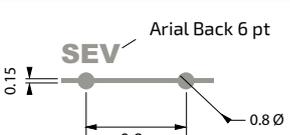
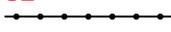
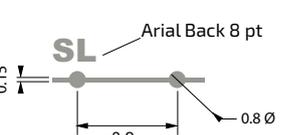
REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
11 CPT	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)			Linee: 0, 0, 0,100 Fills: 0, 0,0,0 0,100,100,0 (a)
12 CPTE	Prova penetrometrica statica con punta elettrica			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fills: 0,0,0,0 0,100,100,0 (a)
13 CPTU	Prova penetrometrica statica con piezocono			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fills: 0,0,0,0 0,100,100,0 (a)
14 SCPT	Prova penetrometrica con cono sismico			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fills: 0,0,0,0 0,100,100,0 (a)
15 DL	Prova penetrometrica dinamica leggera			Linee: 0,0,0,100 Font: 93,87,0,0 Fills: 0,0,0,0 93,87,0,0 (a)
16 DN	Prova penetrometrica dinamica media			Linee: 0,0,0,100 Font: 93,87,0,0 Fills: 0,0,0,0 93,87,0,0 (a)
17 DP	Prova penetrometrica dinamica pesante			Linee: 0,0,0,100 Font: 93,87,0,0 Fills: 0,0,0,0 93,87,0,0 (a)
18 DS	Prova penetrometrica dinamica super pesante			Linee: 0,0,0,100 Font: 93,87,0,0 Fills: 0,0,0,0 93,87,0,0 (a)
19 CH	Prova sismica in foro tipo Crosshole			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
20 DH	Prova sismica in foro tipo Downhole			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
21 UH	Prova sismica in foro tipo Uphole			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
22 ERT	Verticale virtuale lungo tomografia elettrica			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
23 SL	Verticale virtuale lungo profilo sismico a riflessione			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
24 SR	Verticale virtuale lungo profilo sismico a rifrazione			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
25 ACC	Stazione accelerometrica / sismometrica			Linee: 0,100,100,0 (a) 0,0,0,100 Background: 0,0,0,0
26 HVSR	Stazione microtremore a stazione singola			Linee: 93,87,0,0 (a) 0,0,0,100 Background: 0,0,0,0
27 ESAC SPAC	Array sismico, ESAC/SPAC			Linee: 0,0,0,100 Background: 0,0,0,0
28 DMT	Prova dilatometrica			Linee: 0,0,0,100 Fill: 0,100,100,0
29 SDMT	Dilatometro sismico			Linee: 0, 0, 0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,100,100,0
30 GEO	Stazione geomeccanica			Linee: 0, 0, 0,100 0,100,100,0 (a) Fill: 0,0,0,0

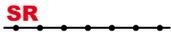
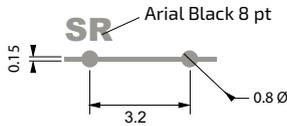
1. IND_PU GEOMETRIA PUNTUALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
31 GM	Stazione gravimetrica			Linee: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,0
32 PLT	Prova di carico con piastra			Linee: 0, 0, 0,100 Fill: 0,0,0,100 (a)
33 SL	Vane Test			Linee: 0, 0, 0,100 Fills: 0,0,0,0 (a) 0,0,0,100 (b)
34 PP	Prova pressiometrica			Linee: 0,0,0,100 Fills: 0,0,0,0 (a) 0,100,100,0 (b)
35 T	Trincea o pozzetto esplorativo			Linee: 0, 0, 0,100 Fills: 0,0,0,0 (a) 0,100,100,0 (b)
36 TP	Trincea paleosismologica			Linee: 0,0,0,100 Fills: 0,0,0,0 (a) 0,100,100,0 (b)
37 SMS	Stratigrafia zona MS (teorica)			Linee: 0,0,0,100 Font: 0,0,0,100 Fills: 0,0,0,100 (a) 0, 0, 0, 0 (b)

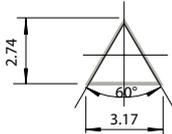
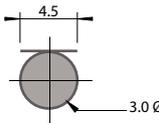
2. IND_PU GEOMETRIA LINEARE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 ERT	Tomografia elettrica			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100
02 FTAN	FTAN			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100
03 MASW	MASW (MW)			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100
04 PR	Profilo di resistività			Linea: 0,0,0,100 Font: 100,64,10,0 Fill: 0,0,0,100
05 RAD	GEORADAR			Linea: 67,0,100,0
06 REMI	Refraction Microtremors Test (RM)			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100
07 SASW	SASW (SW)			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100
08 SEO	Sondaggio elettrico orizzontale			Linea: 0,0,0,100 Font: 100,64,10,0 Fill: 0,0,0,100
09 SEV	Sondaggio elettrico verticale			Linea: 0,0,0,100 Font: 100,64,10,0 Fill: 0,0,0,100
10 SL	Profilo sismico a riflessione			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100

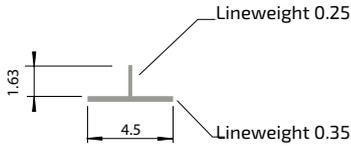
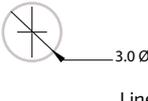
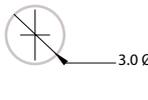
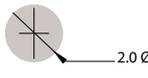
2. IND_PU GEOMETRIA LINEARE

REF. NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
11 SR	Profilo sismico a rifrazione			Linea: 0,0,0,100 Font: 0,100,100,0 Fill: 0,0,0,100

3. EPUNTUALI GEOMETRIA PUNTUALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 6010	Picco isolato			Linea 0,0,0,100 Fill No Color
02 6020	Cavità isolata /dolina/sinkhole			Linea 0,0,0,100 Fill 0,0,0,100

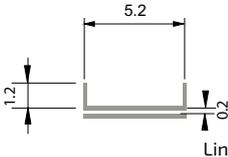
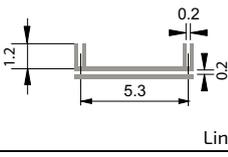
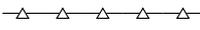
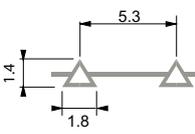
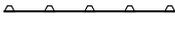
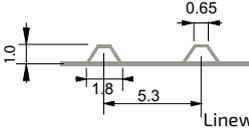
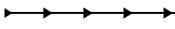
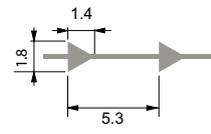
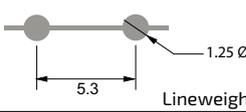
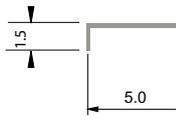
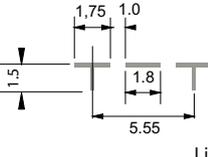
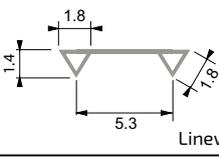
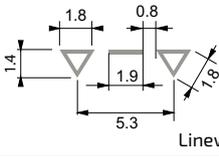
4. GEODR GEOMETRIA PUNTUALE

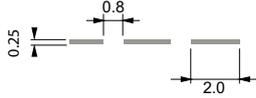
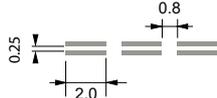
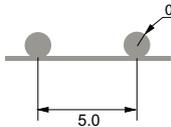
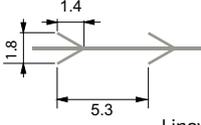
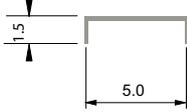
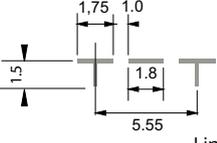
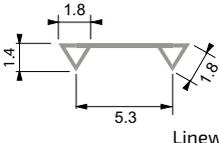
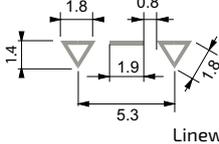
REF. NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 11	Giacitura strati			Linea: 0,75,90,0
02 21	Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)			Linea: 0,0,0,100 Fill 100,0,54,20
03 22	Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)			Linea: 0,0,0,100 Fill 0,75,90,0
04 31	Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie			Fill 30,14,0,0

5. ELINEARI GEOMETRIA LINEARE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 5001	Faglia con cinematismo non definito attiva e capace (certa)			Linee: 0,75,90,0
02 5002	Faglia con cinematismo non definito attiva e capace (incerta)			Linee: 0,75,90,0
03 5011	Faglia diretta attiva e capace (certa)			Linea: 0,75,90,0
04 5012	Faglia diretta attiva e capace (incerta)			Linea: 0,75,90,0
05 5021	Faglia inversa attiva e capace (certa)			Linea: 0,75,90,0
06 5022	Faglia inversa attiva e capace (incerta)			Linea: 0,75,90,0
07 5031	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)			Linea: 0,75,90,0
08 5032	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)			Linee: 0,75,90,0
09 5041	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)			Linea: 0,0,0,100
10 5042	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (>20 m)			Linea: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100

5. ELINEARI GEOMETRIA LINEARE

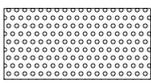
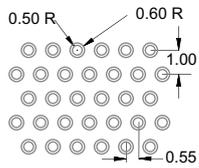
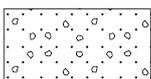
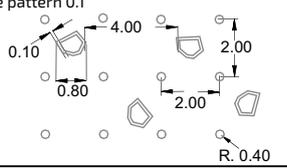
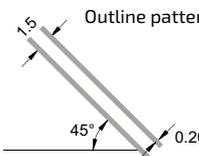
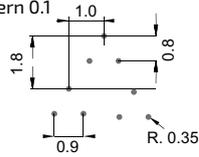
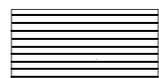
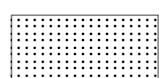
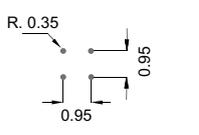
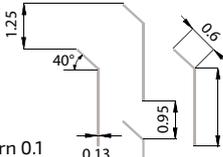
REF. NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
11 5051	Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)		 Lineweight 0.25	Linee: 0,0,0,100
12 5052	Orlo di terrazzo fluviale (>20 m)		 Lineweight 0.25	Linee: 0,0,0,100
13 5060	Cresta		 Lineweight 0.25	Linee: 0,0,0,100
14 5070	Scarpata sepolta		 Lineweight 0.25	Linee: 0,0,0,100
15 5081	Asse di valle sepolta stretta ($C \geq 0.25$)		 Lineweight 0.25	Linee: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100
16 5082	Asse di valle sepolta larga ($C < 0.25$)		 Lineweight 0.25	Linee: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100
17 5111	Faglia diretta potenzialmente attiva e capace (certa)		 Lineweight 0.25	Linee: 27,95,0,0
18 5112	Faglia diretta potenzialmente attiva e capace (incerta)		 Lineweight 0.25	Linee: 27,95,0,0
19 5121	Faglia inversa potenzialmente attiva e capace (certa)		 Lineweight 0.25	Linee: 27,95,0,0
20 5122	Faglia inversa potenzialmente attiva e capace (incerta)		 Lineweight 0.25	Linee: 27,95,0,0

REF. NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
21 5131	Faglia trascorrente/obliqua potenzialmente attiva (certa)			Linea: 27,95,0,0
22 5132	Faglia trascorrente/obliqua potenzialmente attiva e capace (incerta)			Linea: 27,95,0,0
23 5141	Faglia con cinematismo non definito potenzialmente attiva e capace (certa)		 Lineweight 0.25	Linee: 27,95,0,0
24 5142	Faglia con cinematismo non definito potenzialmente attiva e capace (incerta)		 Lineweight 0.25	Linee: 27,95,0,0
25 5201	Limite di campo lavico		 Lineweight 0.25	Linea: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100
26 5301	Paleocanale		 Lineweight 0.25	Linea: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100
27 7011	Faglia diretta non attiva (certa)		 Lineweight 0.25	Linea: 0,0,0,100
28 7012	Faglia diretta non attiva (incerta)		 Lineweight 0.25	Linea: 0,0,0,100
29 7021	Faglia inversa non attiva (certa)		 Lineweight 0.25	Linea: 0,0,0,100
30 7022	Faglia inversa non attiva (incerta)		 Lineweight 0.25	Linea: 0,0,0,100

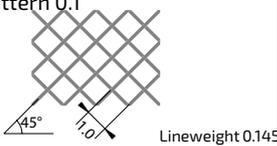
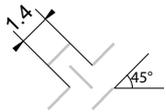
5. ELINEARI GEOMETRIA LINEARE

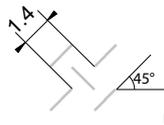
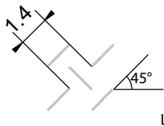
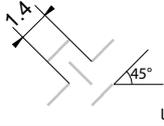
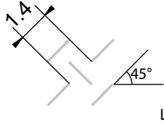
REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
31 7031	Faglia trascorrente/obliqua non attiva (certa)			Linea: 0,0,0,100
32 7032	Faglia trascorrente/obliqua non attiva (incerta)			Linea: 0,0,0,100
33 7041	Sinclinale			Linea: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100
34 7042	Anticlinale			Linea: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100
35 7051	Faglia con cinematismo non definito non attiva (certa)			Linea: 0,0,0,100
36 7052	Faglia con cinematismo non definito non attiva (incerta)			Linea: 0,0,0,100
37 8001	Traccia di sezione geologica significativa e rappresentativa del modello del sottosuolo			Linea: 90,57,0,0 Font: 90,57,0,0
38 8002	Sezione topografica			Linea: 0,7,50,0 Font: 90,57,0,0
39 5071	Limite di versante sepolto con inclinazione compresa tra 15° e 45°			Linea: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,100

6. FORME GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 4010	Conoide alluvionale		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill Ring: 0,0,0,100
02 4020	Falda detritica		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Fill circle: 0,0,0,100
03 4030	Area con cavità sepolte		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Linee: 0,0,0,100
04 4040	Ventaglio di lava al piede di pendii scarpate sepolte		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill circle: 0,0,0,100
05 4050	Superficie suborizzontale sepolta		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Linee: 0,0,0,100
06 4060	Cono o edificio vulcanico sepolto		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Linee: 0,0,0,100
06 4070	Depositi incoerenti sepolti		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Linee: 0,0,0,100
07 4080	Campo di fratturazione cosismica		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Linee: 0,0,0,100

7. GEOTEC GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 RI	Terreni contenenti resti di attività antropica		Outline pattern 0.1 	Linee: 0,8,14,38 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: 0,0,0,0
02 GW GP GM GC	Terreni di copertura Unified Soil Classification: GW; GP; GM; GC.		Outline: 0.1	Fill: 32,0,59,0 Outline pattern: 0,0,0,100
03 SW SP SM SC	Terreni di copertura Unified Soil Classification: SW; SP; SM; SC.		Outline: 0.1	Fill: 0,10,50,0 Outline: 0,0,0,100
04 OL OH CL MH CH ML	Terreni di copertura Unified Soil Classification: OL; OH; MH; ML; CL; CH.		Outline: 0.1	Fill: 0,31,61,18 Outline: 0,0,0,100
05 Pt	Terreni di copertura Unified Soil Classification: Pt		Outline: 0.1	Fill: 0,8,14,38 Outline: 0,0,0,100
06 LP LPS	Substrato geologico Lapideo Lapideo stratificato		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 49,11,0,0
07 GR GRS	Substrato geologico Granulare cementato Granulare cementato, stratificato		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 68,34,0,0
08 CO COS	Substrato geologico Coesivo sovraconsolidato Coesivo sovraconsolidato stratificato		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 100,45,0,14
09 AL ALS	Substrato geologico Alternanza di litotipi Alternanza di litotipi, stratificato		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 100,67,0,23
10 SFLP SFLPS	Substrato geologico Lapideo fratturato o alterato Lapideo, stratificato fratturato o alterato		Outline pattern 0.1 	Lines: 0,75,90,0 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: 49,11,0,0

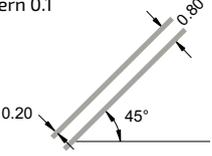
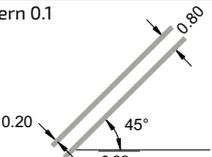
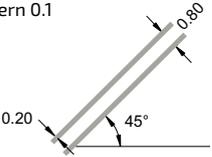
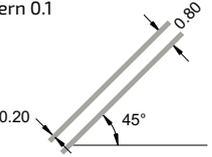
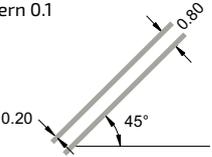
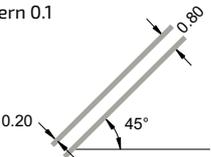
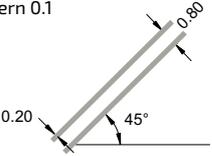
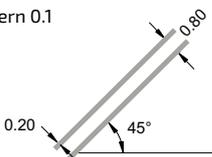
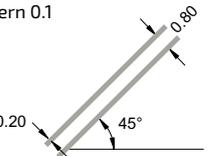
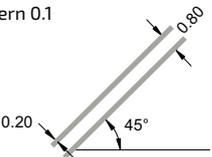
REF. NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
11 SFGR SFGRS	Substrato geologico Granulare cementato fratturato o alterato Granulare cementato, stratificato fratturato o alterato		Outline pattern 0.1 	Lines: 0,75,90,0 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: 68,34,0,0
12 SFCO SFCOS	Substrato geologico Coesivo sovraconsolidato fratturato o alterato Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato o alterato		Outline pattern 0.1 	Lines: 0,75,90,0 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: 100,45,0,14
13 SFAL SFALS	Substrato geologico Alternanza di litotipi fratturato o alterato Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato		Outline pattern 0.1 	Lines: 0,75,90,0 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: 100,67,0,23
14 IS ISS	Substrato geologico Incoerente o poco consolidato Incoerente o poco consolidato stratificato		Outline pattern 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 19,9,0,0
15 SFIS SFISS	Substrato geologico Incoerente o poco consolidato fratturato o alterato Incoerente o poco consolidato stratificato fratturato o alterato		Outline pattern 0.1 	Lines: 0,75,90,0 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: 49,11,0,0
16 LC	Lidoide di copertura		Outline pattern 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 25,26,0,0

8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 3011	Instabilità di versante attiva crollo o ribaltamento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill triangle: 50,70,0,0 Background: transparent
02 3012	Instabilità di versante attiva scorrimento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "V": 50,70,0,0 Background: transparent
03 3013	Instabilità di versante attiva colata		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill arc: 50,70,0,0 Background: transparent
04 3014	Instabilità di versante attiva complessa		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "X": 50,70,0,0 Background: transparent
05 3015	Instabilità di versante attiva non definito		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill Circle: 50,70,0,0 Background: transparent
06 3021	Instabilità di versante quiescente crollo o ribaltamento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill triangle: 0,75,90,0 Background: transparent
07 3022	Instabilità di versante quiescente scorrimento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "V": 0,75,90,0 Background: transparent
08 3023	Instabilità di versante quiescente colata		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill arc: 0,75,90,0 Background: transparent
09 3024	Instabilità di versante quiescente complessa		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "X": 0,75,90,0 Background: transparent
10 3025	Instabilità di versante quiescente non definito		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill Circle: 0,75,90,0 Background: transparent

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
11 3031	Instabilità di versante inattiva crollo o ribaltamento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill triangle: 0,51,100,1 Background: transparent
12 3032	Instabilità di versante inattiva scorrimento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "V": 0,51,100,1 Background: transparent
13 3033	Instabilità di versante inattiva colata		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill arc: 0,51,100,1 Background: transparent
14 3034	Instabilità di versante inattiva complessa		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "X": 0,51,100,1 Background: transparent
15 3035	Instabilità di versante inattiva non definito		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill Circle: 0,51,100,1 Background: transparent
16 3041	Instabilità di versante non definita crollo o ribaltamento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill triangle: 0,0,0,100 Background: transparent
17 3042	Instabilità di versante non definita scorrimento		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "V": 0,0,0,100 Background: transparent
18 3043	Instabilità di versante non definita colata		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill arc: 0,0,0,100 Background: transparent
19 3044	Instabilità di versante non definita complessa		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill "X": 0,0,0,100 Background: transparent
20 3045	Instabilità di versante non definita non definito		Outline pattern 0.1 	Outline pattern: 0,0,0,100 Fill Circle: 0,0,0,100 Background: transparent

8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

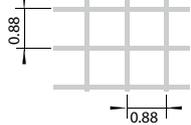
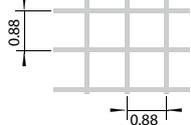
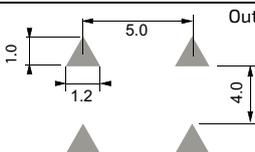
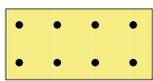
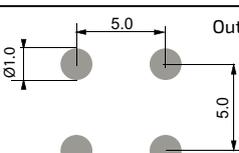
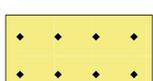
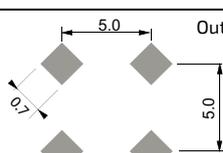
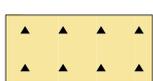
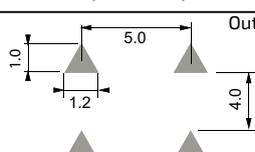
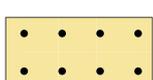
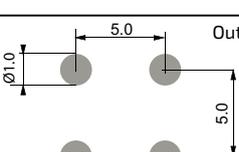
REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
21 *ZA _{FR} 2001	Zona 1 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 18,0,14,0
22 *ZA _{FR} 2002	Zona 2 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 43,0,60,0
23 *ZA _{FR} 2003	Zona 3 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 56,0,100,27
24 *ZA _{FR} 2004	Zona 4 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 100,0,48,60
25 *ZA _{FR} 2005	Zona 5 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 6,0,56,0
26 *ZA _{FR} 2006	Zona 6 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0
27 *ZA _{FR} 2007	Zona 7 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0
28 *ZA _{FR} 2008	Zona 8 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,11,69,0
29 *ZA _{FR} 2009	Zona 9 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,10,25,0
30 *ZA _{FR} 2010	Zona 10 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,15,34,1

*ZA_{FR} corrisponde al codice (Tipo_i) della tipologia d'instabilità di versante della Carta geologico-tecnica

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
31 *ZA _{FR} 2011	Zona 11 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,24,52,3
32 *ZA _{FR} 2012	Zona 12 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,36,76,9
33 *ZA _{FR} 2013	Zona 13 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 28,19,64,0
34 *ZA _{FR} 2014	Zona 14 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 26,28,54,0
35 *ZA _{FR} 2015	Zona 15 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 33,38,68,3
36 *ZA _{FR} 2016	Zona 16 - ZA _{FR} Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva		Outline pattern 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 31,52,64,7
37 30502001	Zona 1 - ZA _{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 18,0,14,0
38 305022002	Zona 2 - ZA _{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 43,0,60,0
39 305022003	Zona 3 - ZA _{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 56,0,100,27
40 305022004	Zona 4 - ZA _{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 100,0,48,60

8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
41 30502005	Zona 5 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 6,0,56,0
42 30502006	Zona 6 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,0,51,0
43 30502007	Zona 7 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,7,50, 0
44 30502008	Zona 8 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,11,69,0
45 30502009	Zona 9 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,10,25,0
46 30502010	Zona 10 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,15,34,1
47 30502011	Zona 11 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,24,52,3
48 30502012	Zona 12 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 0,36,76,9
49 30502013	Zona 13 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 28,19,64,0
50 30502014	Zona 14 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines. 0, 0, 0, 100 Background: 26,28,54,0

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
51 30502015	Zona 15 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0, 0, 0, 100 Background: 33,38,68,3
52 30502016	Zona 16 - ZA_{LQ1} Zona di Attenzione per liquefazioni		Outline 0.1 Lineweight 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Lines: 0, 0, 0, 100 Background: 31,52,64,7
53 3060	ZA_{FAC} Zona di Attenzione per faglie attive e capaci		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,75,30,0
54 3070	ZA_{ID} Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,55,100,49
55 3080	ZA_{ID} Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità/sinkhole		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,15,11,0
56	ZS_{FR} Amplificazione 1.1 - 1.2 $0 < FRT \leq 15 \text{ cm} - 0 < FRR \leq 10 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0 Fill triangle: 0,0,0,100
57	ZS_{FR} Amplificazione: 1.1 - 1.2 $15 < FRT \leq 100 \text{ cm} \text{ o } 10 < FRR \leq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0 Fill circle: 0,0,0,100
58	ZS_{FR} Amplificazione: 1.1 - 1.2 $FRT \geq 100 \text{ cm} \text{ o } FRR \geq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0 Fill square: 0,0,0,100
59	ZS_{FR} Amplificazione: 1.3 - 1.4 $0 < FRT \leq 15 \text{ cm} - 0 < FRR \leq 10 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0 Fill triangle: 0,0,0,100
60	ZS_{FR} Amplificazione: 1.3 - 1.4 $15 < FRT \leq 100 \text{ cm} \text{ o } 10 < FRR \leq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0 Fill circle: 0,0,0,100

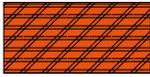
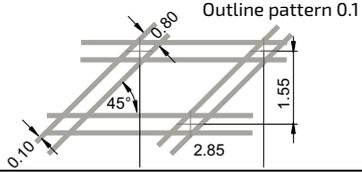
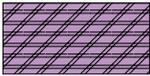
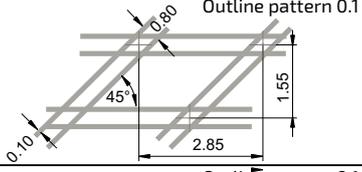
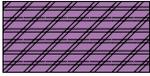
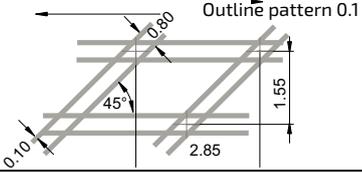
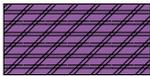
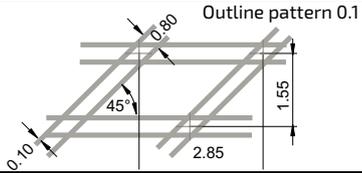
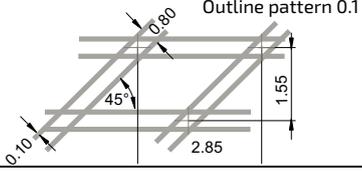
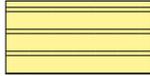
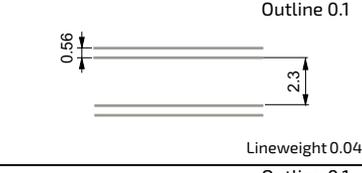
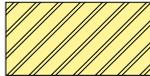
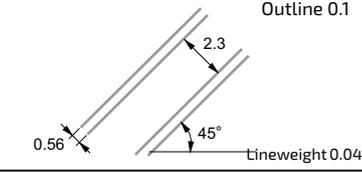
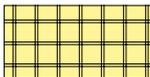
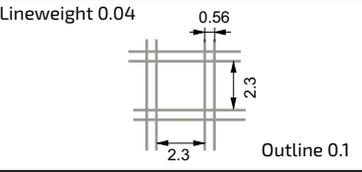
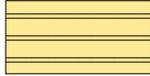
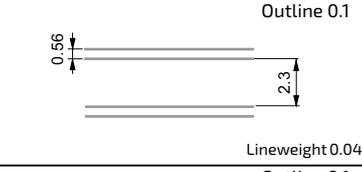
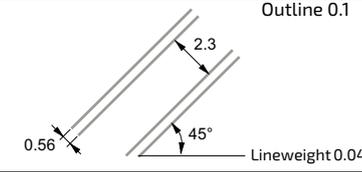
8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
61	ZS_{FR} Amplificazione: 1.3 - 1.4 $FRT \geq 100$ cm o $FRR \geq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0 Fill square: 0,0,0,100
62	ZS_{FR} Amplificazione: 1.5 -1.6 $0 < FRT \leq 15$ cm - $0 < FRR \leq 10$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0 Fill triangle: 0,0,0,100
63	ZS_{FR} Amplificazione: 1.5 -1.6 $15 < FRT \leq 100$ cm o $10 < FRR \leq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0 Fill circle: 0,0,0,100
64	ZS_{FR} Amplificazione: 1.5 -1.6 $FRT \geq 100$ cm o $FRR \geq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0 Fill square: 0,0,0,100
65	ZS_{FR} Amplificazione: 1.7 - 1.8 $0 < FRT \leq 15$ cm - $0 < FRR \leq 10$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1 Fill triangle: 0,0,0,100
66	ZS_{FR} Amplificazione: 1.7 - 1.8 $15 < FRT \leq 100$ cm o $10 < FRR \leq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1 Fill circle: 0,0,0,100
67	ZS_{FR} Amplificazione: 1.7 - 1.8 $FRT \geq 100$ cm o $FRR \geq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1 Fill square: 0,0,0,100
68	ZS_{FR} Amplificazione: 1.9 - 2.0 $0 < FRT \leq 15$ cm - $0 < FRR \leq 10$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0 Fill triangle: 0,0,0,100
69	ZS_{FR} Amplificazione: 1.9 - 2.0 $15 < FRT \leq 100$ cm o $10 < FRR \leq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0 Fill circle: 0,0,0,100
70	ZS_{FR} Amplificazione: 1.9 - 2.0 $FRT \geq 100$ cm o $FRR \geq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0 Fill square: 0,0,0,100

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
71	ZS_{FR} Amplificazione: 2.1 - 2.2 $0 < FRT \leq 15 \text{ cm} - 0 < FRR \leq 10 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1 Fill triangle: 0,0,0,100
72	ZS_{FR} Amplificazione: 2.1 - 2.2 $15 < FRT \leq 100 \text{ cm} \text{ o } 10 < FRR \leq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1 Fill circle: 0,0,0,100
73	ZS_{FR} Amplificazione: 2.1 - 2.2 $FRT \geq 100 \text{ cm} \text{ o } FRR \geq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1 Fill square: 0,0,0,100
74	ZS_{FR} Amplificazione: 2.3 - 2.4 $0 < FRT \leq 15 \text{ cm} - 0 < FRR \leq 10 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0 Fill triangle: 0,0,0,100
75	ZS_{FR} Amplificazione: 2.3 - 2.4 $15 < FRT \leq 100 \text{ cm} \text{ o } 10 < FRR \leq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0 Fill circle: 0,0,0,100
76	ZS_{FR} Amplificazione: 2.3 - 2.4 $FRT \geq 100 \text{ cm} \text{ o } FRR \geq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0 Fill square: 0,0,0,100
77	ZS_{FR} Amplificazione: 2.5 - 3.0 $0 < FRT \leq 15 \text{ cm} - 0 < FRR \leq 10 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0 Fill triangle: 0,0,0,100
78	ZS_{FR} Amplificazione: 2.5 - 3.0 $15 < FRT \leq 100 \text{ cm} \text{ o } 10 < FRR \leq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0 Fill circle: 0,0,0,100
79	ZS_{FR} Amplificazione: 2.5 - 3.0 $FRT \geq 100 \text{ cm} \text{ o } FRR \geq 50 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0 Fill square: 0,0,0,100
80	ZS_{FR} Amplificazione: 3.1 - 3.5 $0 < FRT \leq 15 \text{ cm} - 0 < FRR \leq 10 \text{ m}$ Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0 Fill square: 0,0,0,100

8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
81	ZS_{FR} Amplificazione: 3.1 - 3.5 $5 < FRT \leq 100$ cm o $10 < FRR \leq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0 Fill circle: 0,0,0,100
82	ZS_{FR} Amplificazione: 3.1 - 3.5 $FRT \geq 100$ cm o $FRR \geq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0 Fill square: 0,0,0,100
83	ZS_{FR} Amplificazione: >3.5 $0 < FRT \leq 15$ cm - $0 < FRR \leq 10$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0 Fill triangle: 0,0,0,100
84	ZS_{FR} Amplificazione: > 3.5 $15 < FRT \leq 100$ cm o $10 < FRR \leq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0 Fill circle: 0,0,0,100
85	ZS_{FR} Amplificazione: >3.5 $FRT \geq 100$ cm o $FRR \geq 50$ m Zona di Suscettibilità per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0 Fill square: 0,0,0,100
86	ZR_{FR} Amplificazione 1.1 - 1.2 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0
87	ZR_{FR} Amplificazione 1.3 - 1.4 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0
88	ZR_{FR} Amplificazione 1.5 - 1.6 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0
89	ZR_{FR} Amplificazione 1.7 - 1.8 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1
90	ZR_{FR} Amplificazione 1.9 - 2.0 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0

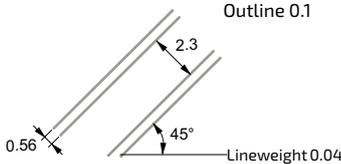
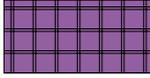
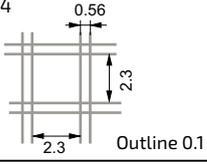
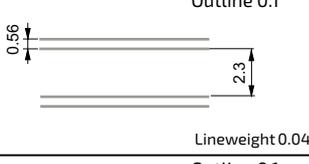
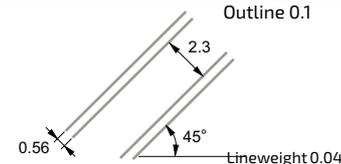
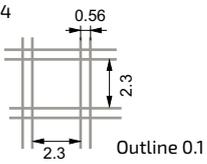
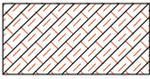
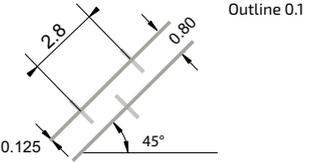
REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
91	ZR_{FR} Amplificazione 2.1 - 2.2 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1
92	ZR_{FR} Amplificazione 2.3 - 2.4 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0
93	ZR_{FR} Amplificazione 2.5 - 3.0 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0
94	ZR_{FR} Amplificazione 3.1 - 3.5 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0
95	ZR_{FR} Amplificazione >3.5 Zona di Rispetto per instabilità di versante			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0
96	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.1 - 1.2 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0 Lines: 0,0,0,100
97	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.1 - 1.2 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,0,51,0 Lines: 0,0,0,100
98	ZR_{LQ} Amplificazione 1.1 - 1.2 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazione			Outline: 0,0,0,100 Lines: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0
99	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.3 - 1.4 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0 Lines: 0,0,0,100
100	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.3 - 1.4 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0 Lines: 0,0,0,100

8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
101	ZR_{LQ} Amplificazione: 1.3 - 1.4 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni		Lineweight 0.04 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,7,50,0 Lines: 0,0,0,100
102	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.5 - 1.6 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0 Lines: 0,0,0,100
103	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.5 - 1.6 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0 Lines: 0,0,0,100
104	ZR_{LQ} Amplificazione: 1.5 - 1.6 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni		Lineweight 0.04 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,16,37,0 Lines: 0,0,0,100
105	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.7 - 1.8 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1 Lines: 0,0,0,100
106	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.7 - 1.8 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1 Lines: 0,0,0,100
107	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.7 - 1.8 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni		Lineweight 0.04 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,51,100,1 Lines: 0,0,0,100
108	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.9 - 2.0 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0 Lines: 0,0,0,100
109	ZS_{LQ} Amplificazione: 1.9 - 2.0 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni		Outline 0.1 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0 Lines: 0,0,0,100
110	ZR_{LQ} Amplificazione: 1.9 - 2.0 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni		Lineweight 0.04 	Outline: 0,0,0,100 Background: 0,75,90,0 Lines: 0,0,0,100

REF NO CODE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
111	ZS_{LQ} Amplificazione: 2.1 - 2.2 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1 Lines: 0,0,0,100
112	ZS_{LQ} Amplificazione: 2.1 - 2.2 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1 Lines: 0,0,0,100
113	ZR_{LQ} Amplificazione: 2.1 - 2.2 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 0,79,100,1 Lines: 0,0,0,100
114	ZS_{LQ} Amplificazione: 2.3 - 2.4 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0 Lines: 0,0,0,100
115	ZS_{LQ} Amplificazione: 2.3 - 2.4 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0 Lines: 0,0,0,100
116	ZR_{LQ} Amplification: 2.3 - 2.4 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 30,47,0,0 Lines: 0,0,0,100
117	ZS_{LQ} Amplification: 2.5 - 3.0 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0 Lines: 0,0,0,100
118	ZS_{LQ} Amplification: 2.5 - 3.0 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0 Lines: 0,0,0,100
119	ZR_{LQ} Amplification: 2.5 - 3.0 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 40,60,0,0 Lines: 0,0,0,100
120	ZS_{LQ} Amplification: 3.1- 3.5 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0 Lines: 0,0,0,100

8. INSTAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
121	ZS_{LQ} Amplificazione: 3.1- 3.5 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0 Lines: 0,0,0,100
122	ZR_{LQ} Amplificazione: 3.1- 3.5 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 50,70,0,0 Lines: 0,0,0,100
123	ZS_{LQ} Amplificazione: > 3.5 $2 < IL \leq 5$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0 Lines: 0,0,0,100
124	ZS_{LQ} Amplificazione: > 3.5 $5 < IL \leq 15$ Zona di Suscettibilità per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0 Lines: 0,0,0,100
125	ZR_{LQ} Amplification: > 3.5 $IL > 15$ Zona di Rispetto per liquefazioni			Outline: 0,0,0,100 Background: 60,85,20,0 Lines: 0,0,0,100
126	ZS_{FAC} Zona di Suscettibilità per faglie attive e capaci			Outline: 0,0,0,100 Fill 0,25,4,0
127	ZR_{FAC} Zona di Rispetto per faglie attive e capaci			Outline: 0,0,0,100 Fill 0,100,10,35
128 *ZA _{FR} 2099	ZA_{FR} Zona di attenzione per instabilità di versante su un substrato geologico fratturato o alterato			Lines: 0,75,90,0 0,0,0,100 Outline pattern: 0,0,0,100 Background: Transparent

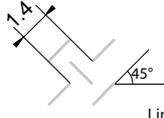
*ZA_{FR} corrisponde al codice (Tipo_i) della tipologia d'instabilità di versante della Carta geologico-tecnica

9. STAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
01 1011 1012	Substrato geologico (Stratificato = 1011) (Non stratificato = 1012)		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 49,11,0,0
02 1021 1022	Substrato geologico granulare cementato (Stratificato = 1021) (Non stratificato = 1022)		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 68,34,0,0
03 1031 1032	Substrato geologico coesivo sovraconsolidato (Stratificato = 1031) (Non stratificato = 1032)		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 100,45,0,14
04 1041 1042	Substrato geologico alternanza di litotipi (Stratificato = 1041) (Non stratificato = 1042)		Outline: 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 100,67,0,23
05 2001	Zona 1 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 18,0,14,0
06 2002	Zona 2 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 43,0,60,0
07 2003	Zona 3 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 56,0,100,27
08 2004	Zona 4 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 100,0,48,60
09 2005	Zona 5 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 6,0,56,0
10 2006	Zona 6 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,0,51,0

9. STAB GEOMETRIA POLIGONALE

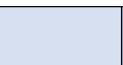
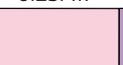
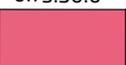
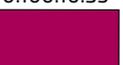
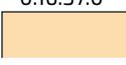
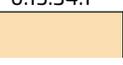
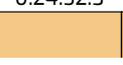
REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
11 2007	Zona 7 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,7,50,0
12 2008	Zona 8 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,11,69,0
13 2009	Zona 9 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,10,25,0
14 2010	Zona 10 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,15,34,1
15 2011	Zona 11 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,24,52,3
16 2012	Zona 12 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,36,76,9
17 2013	Zona 13 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 28,19,64,0
18 2014	Zona 14 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 26,28,54,0
19 2015	Zona 15 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 33,38,68,3
20 2016	Zona 16 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 31,52,64,7

REF NO CODICE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
21 2099	Substrato fratturato o alterato Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali		Outline pattern 0.1  Lineweight 0.125	Lines: 0,75,90,0 Outline pattern: 0,0,0,100 Fill: transparent
22	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile Parametro di amplificazione: 1.0		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 68,34,0,0
23	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 1.1 -1.2		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,0,51,0
24	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 1.3 -1.4		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,7,50,0
25	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 1.5 -1.6		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,16,37,0
26	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 1.7 -1.8		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,51,100,1
27	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 1.9 -2.0		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,75,90,0
28	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 2.1 -2.2		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 0,79,100,1
29	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 2.3 -2.4		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 30,47,0,0
30	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione: 2.5 - 3.0		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 40,60,0,0

9. STAB GEOMETRIA POLIGONALE

REF NO CODE	Descrizione	Simbolo	Specifiche (mm)	Colori (C,M,Y,K)
31	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione 3.1 - 3.5		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 50,70,0,0
32	Carta di Microzonazione Sismica Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Parametro di amplificazione > 3.5		Outline 0.1	Outline: 0,0,0,100 Fill: 60,85,20,0

10. COLORI DEI SIMBOLI DELLE MAPPE DI MICROZONAZIONE SISMICA IN QUADRICROMIA (CMYK)

0.0.0.0	0.0.0.12	0.8.14.38	60.50.47.15	0.0.0.100					
									
6.0.56.0	0.51.0.0	0.11.69.0	0.75.0.0	28.19.64.0					
									
32.0.59.0	43.0.60.0	56.0.100.27	100.0.54.20	100.0.48.60					
									
18.0.14.0	16.4.0.2	19.9.0.0	30.14.0.0	49.11.0.0	68.34.0.0	90.57.0.0	100.56.0.0	100.45.0.14	100.67.0.23
									
0.10.25.0	0.15.11.0	0.25.4.1	0.79.4.1	40.60.0.0	50.70.0.0	60.85.20.0			
									
0.75.30.0	27.95.0.1	0.100.10.35							
									
0.51.100.1	0.75.90.0	0.79.100.1							
									
0.16.37.0	0.15.34.1	0.24.52.3	0.36.76.9	0.31.61.18	31.52.64.7	0.55.100.49			
									



ENGLISH SECTION
SEISMIC MICROZONATION
MAPPING IN ITALY:
METHODS AND TOOLS

01 SEISMIC MICROZONATION MAPPING IN ITALY: METHODS AND TOOLS

Seismic Microzonation (SM) studies require in-depth knowledge of the subsoil and of the geological, geotechnical and geophysical characteristics of the study area, and this data is often managed and analysed through geographic information systems (GIS) to identify map zones, particularly in urban areas, with homogeneous seismic behaviour during a seismic event.

The observations of earthquakes over time have shown how the variability of the geological characteristics of the soil can significantly amplify the seismic motion, causing different degrees of damage to similar buildings located at relatively short distances. The local amplification of the seismic motion can be associated with events of liquefaction of the soil, surface deformations caused by the displacement of active and capable faults, induced landslides, etc.

An SM study is based on the collection and organized storage of data related to the territory of a Municipality and coming from various sources and disciplines. A subsoil model is constructed with this data for the calculation of amplification factors.

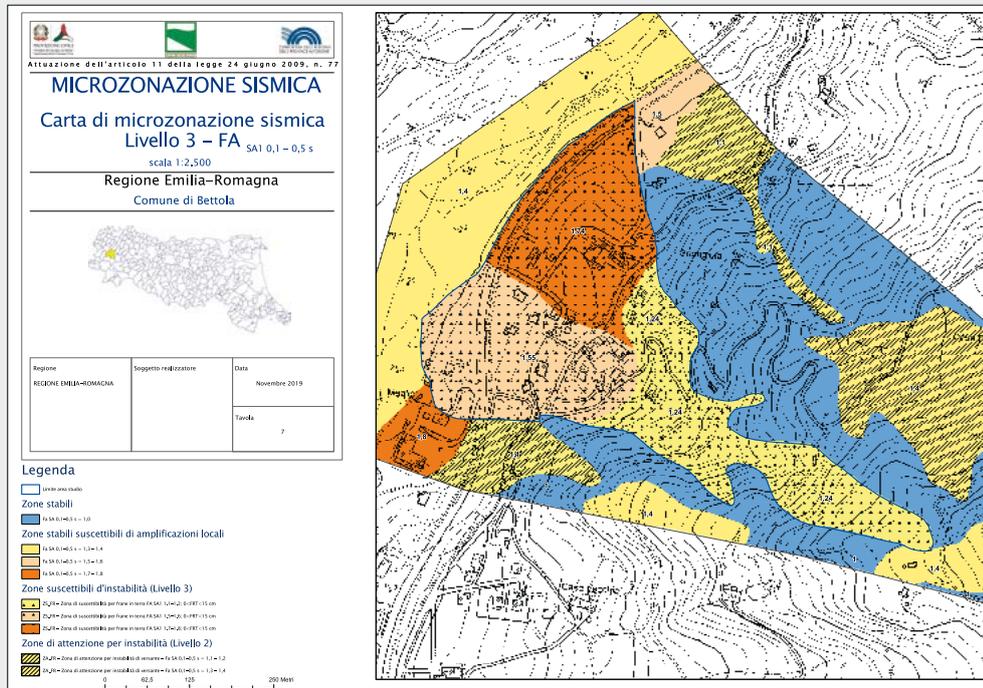
In Italy, following the L'Aquila earthquake of 6 April 2009 in the Abruzzo Region, the "National Plan for Earthquake Prevention" was launched and law n. 77/2009 provided financial incentives to perform SM studies in all urban areas characterised by a value of peak ground acceleration (PGA) greater than 0.125 g. SM studies have been regulated by technical documents drawn up by the Italian Civil Protection Agency, supported by experts and research institutions, which foresee three levels of studies. The first level identifies homogeneous areas in a seismic perspective on a purely geological basis, while levels 2 and 3 quantify seismic amplification based on numerical analyses of local seismic response.

To provide recommendations on how to conduct SM studies at the three levels, a series of guidelines, standards and technical reference documents have been defined. In particular, a technical document "Microzonazione sismica Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (SM Standards) defines a series of cartographic standards with the aim of producing homogeneous studies for different areas. This document defines the specifications to be followed for data storage, map design and styling at the different levels of SM studies, but it does not explain the procedural aspects to be adopted for the implementation of SM studies, such as the use of specific software or data management and processing tools, for which decisions are left to the authors of studies.

One of the critical steps in SM studies is therefore the production of data and maps compliant with SM Standards. In fact, all of the data and cartography that constitutes a study is subject to validation by a technical structure that verifies compliance with the SM Standards and requests corrections, in the event of discrepancies, before accepting a study.

The CNR-IGAG GIS laboratory developed a series of tools ("MzS Tools"), in the form of an extension for the open source QGIS software, to support geologists at many stages of SM studies, from data collection to map production.

FIGURA 1
 Example of Level 3 SM modified map from level 3 seismic microzonation studies of the Municipality of Bettola - Emilia Romagna Region.



02 SEISMIC MICROZONATION MAPS

The “Guidelines for seismic microzonation”¹ define three types of seismic zones:

- **Stable zones:** areas where no local seismic amplification effects are assumed and therefore the expected shaking is provided by the basic hazard studies;
- **Stable zones susceptible to local seismic amplification:** areas where the seismic motion is amplified by the lithostratigraphic and/or geomorphological characteristics of the local territory;
- **Susceptible zones to geological instability:** areas susceptible to activation of the phenomena of permanent deformation of the territory induced or caused by the earthquake (slope instability, liquefaction, structural geological failure with surface manifestations).

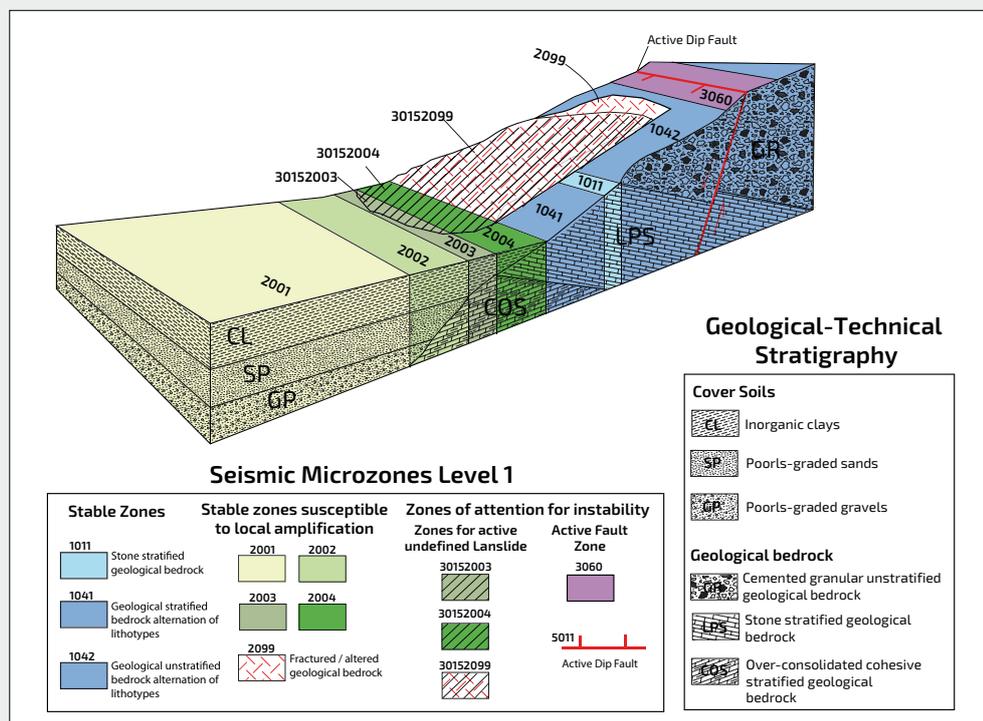
SM studies are described through maps and illustrative reports and are developed on 3 levels of in-depth analysis:

- **Level 1** is a collection of pre-existing data, supplemented by specific geological surveys such as noise measurements (HVSr), down-hole and MASW geophysical tests, etc. A subsoil model is devised from the acquired data (Figure 2), where the geolithological types and the thicknesses of the geologic-technical reference units are identified. This qualitative analysis allows to divide the territory into seismically homogeneous microzones (stable zones, stable zones susceptible to local seismic amplification and zones susceptible to geological instability);

¹ SM Working group, Guidelines for seismic microzonation. Conference of Regions and Autonomous Provinces of Italy – Civil Protection Department, Rome, 2015.

- **Level 2** introduces the "amplification factor" in the homogeneous zones previously identified in level 1. The amplification values are determined through simplified methods, such as the use of lithostratigraphic abacuses for seismic microzonation;
- **Level 3** is characterized by advanced analyses with numerical calculation of the amplification factors through new *ad hoc* investigations for seismic microzones identified in level 1, in areas particularly exposed to seismic amplification and in zones classified as unstable, with the aim of quantitatively defining the induced effect.

FIGURA 2
Model of the Map of seismically homogeneous microzones.



The main cartographic products of SM studies are:

- The **Survey Map** is the main tool from which the SM study starts. The represented data define the thickness of the sedimentary coverings and the geotechnical and geophysical characteristics of the study area.
- The **Geological-technical Map** contains geological, geomorphological, geotechnical and hydrogeological information. The data shown in the map are necessary for the definition of the subsoil model and functional to the creation of the map of homogeneous microzones in seismic perspective.
- The **Map of homogeneous microzones in seismic perspective** shows the predisposing elements to the amplifications and geological instabilities contained in the Geological-Technical Map and represents the summary document of the first level of the SM study.
- The **Seismic Microzonation Map** shows the stable zones, stable zones susceptible to amplification and zones susceptible to instability, with an amplification factor (AF) calculated with simplified method (level 2) or with advanced methods (Level 3).

The cartographic products are combined with explanatory notes and all the data and documentation of the SM study should be inserted within a well-defined archiving structure described in the SM Standards.

03 TOOLS FOR SEISMIC MICROZONATION MAPS

The implementation of SM studies requires the use of software tools for data manipulation and for the execution of tasks such as: data management within a geodatabase structure; georeferenced geometry editing; design of GIS projects composed of layers, styles and symbols; use of processing and data displaying tools; design of print layouts for the production of the required cartographic outputs, etc.

The fundamental requirement for an SM project in Italy, regardless of the software and tools used, is compliance with the SM Standards (database and maps). This requirement is essential for the validation of a study by the Italian Civil Protection Agency, which supervises SM studies at the national level.

Among the tools currently available, which may be used to support SM studies, we can mention:

- SoftMS, a tool specifically developed for the management of the alphanumeric attributes of punctual and linear surveys in a Microsoft Access Database;
- GIS software for editing georeferenced data and viewing map layers (for example ESRI ArcGIS or QGIS);
- Graphics Software for managing map layouts and for cartographic production (can be a GIS or a graphics software such as Adobe Illustrator, CorelDraw, and Inkscape).

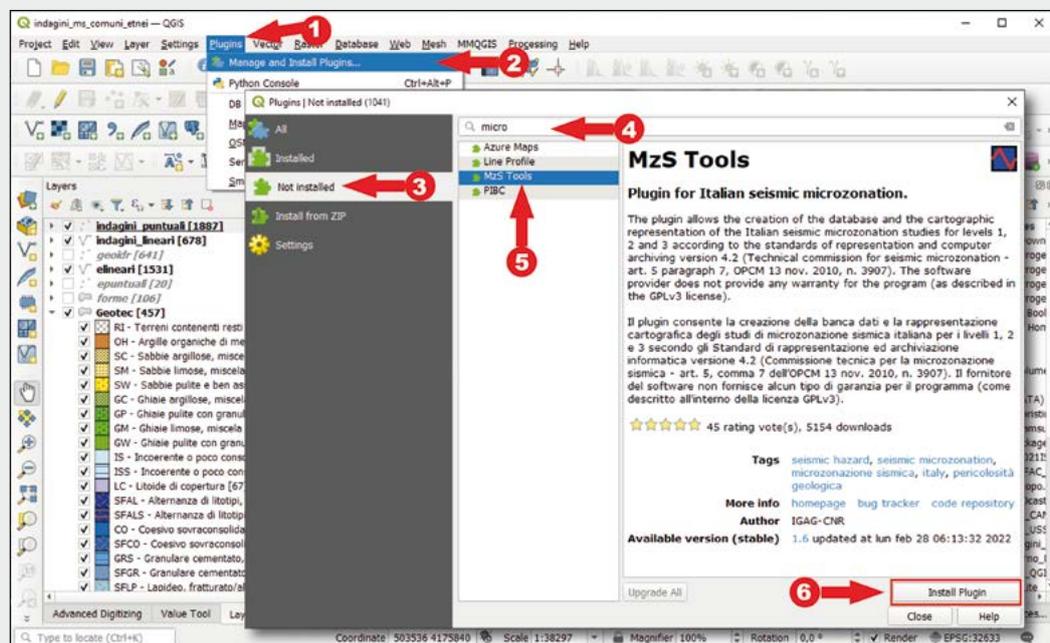
The use of generic software and tools not specifically aimed at SM studies can lead to a waste of time and a greater chance of errors, compared to the use of specific tools.

The software platform used for the development of the MzS Tools database and cartography tools is QGIS, one of the most widely used and best known open source and multiplatform GIS software. The wide range of capabilities and the great extensibility and ease of use make QGIS an obvious choice for an open, integrated platform for GIS projects. Moreover, open source software does not force users and institutions to acquire commercial licenses and become dependent on a single vendor for products and services.

FIGURA 3

Installing the MzS Tools plugin in QGIS:

- 1) from the QGIS menu select "Plugin" and successively;
- 2) "Manage and Install Plugin...";
- 3) the "Plugin" window will open go to the "Not Installed" section and;
- 4) enter a keyword in the "Search Box";
- 5) select "MzSTools" from the search and click on the button;
- 6) "Install Plugin".



The basic idea of the development of MzS Tools has been to provide a complete set of useful software tools for SM studies in a single environment, simplifying the procedures for creating projects and maps according to the SM Standards.

MzS Tools aims to address and provide solutions to a series of practical challenges commonly faced by authors of SM studies:

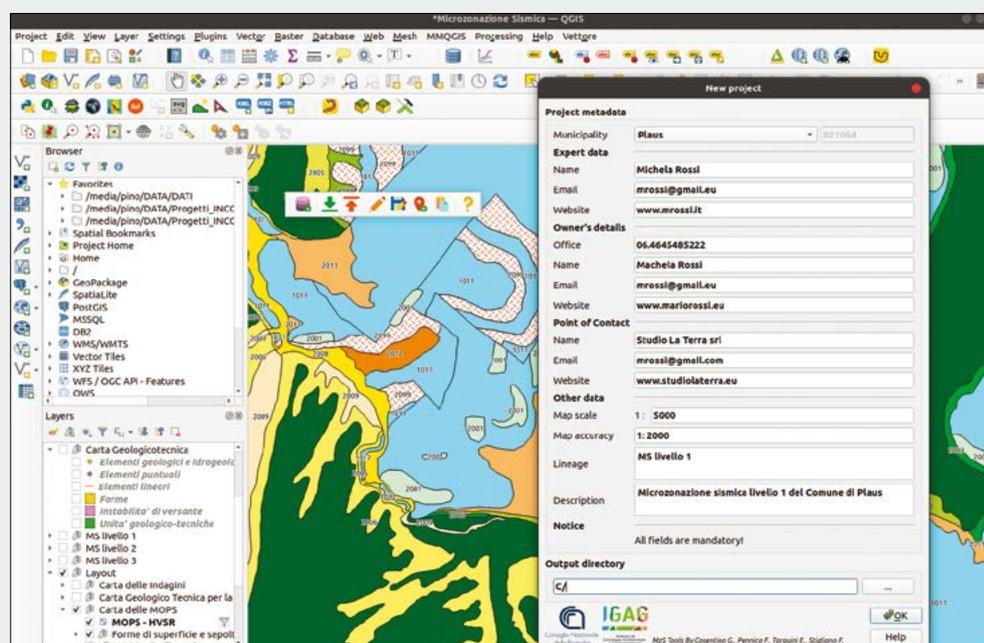
- automatic generation of the project structure;
- ready to use geodatabase structure in SQLite / Spatialite format;
- assisted editing of georeferenced geometries to ensure the correctness and coherence of the geographic layers;
- user-friendly data entry interfaces for the attribute tables of vector layers and the survey database, comprising features to simplify the encoding of information, the selection of admissible values and the management of relationships between the database tables;
- dedicated tool to import data from existing projects based on shapefiles and Microsoft Access database;
- symbol libraries in Scalable Vector Graphics (SVG) format;
- configurable QGIS project, automatically generated for a specific municipality;
- ready to use, standard compliant print layouts for SM maps;
- automated export tool to produce a project structure based on shapefiles (geographic data) and SQLite (survey database) format, as required by the SM Standards for study validation.

The main advantages in using this tool, compared to other tools and software, can be identified in significant time savings due to the automation of different processes, and the production of SM studies compliant to the Standards and less prone to errors.

MzS Tools leverages the SQLite / Spatialite geodatabase format for data archiving, which allows the integration of both georeferenced geometries and alphanumeric information in a single table. Moreover, database features such as views, functions and triggers, have been introduced to automate many operations and ensure greater quality and control of data.

FIGURA 4

The MS project organized with the QGIS MzSTools plugin.



The MzS Tools "New project" tool allows for the generation of an archive structure and a QGIS project for a new MS study. Once the municipality has been chosen, the plugin automatically performs a series of settings on the project: database views are updated on the basis of the chosen municipality, the base map and layouts in QGIS project are centred on the extent of the municipal territory. Furthermore, the "New project" tool UI (User Interface) allows the user to insert metadata such as the author's information, data ownership, the nominal reference scale etc., as required by SM Standards.

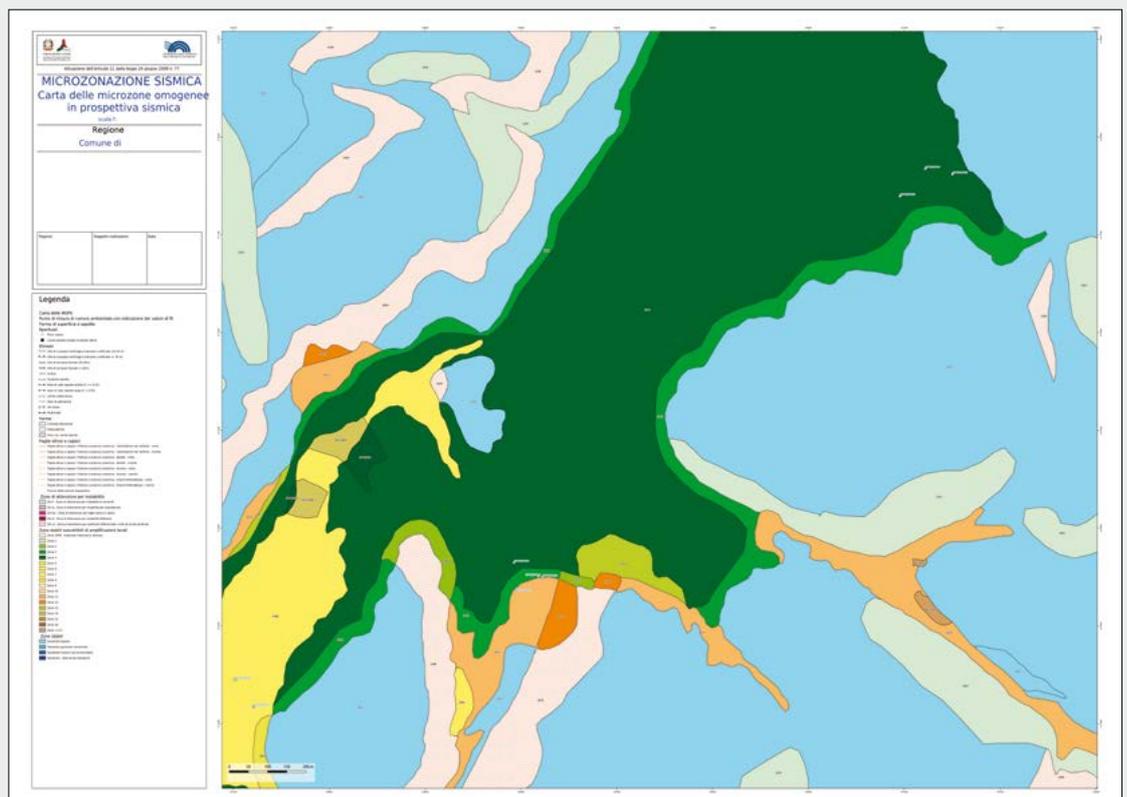
The QGIS project TOC (Table of Contents) contained in the "Layers Panel" presents a tree structure with layer groups. The "Layout" group, in particular, contains layers specifically set for cartographic output, while the other layer groups are dedicated to data management and editing. All layers contained within these groups have specific styles based on logical expressions that permit them to comply with SM Standards for styling and symbology.

To facilitate the storage of alphanumeric data in the database, a series of data entry forms have been configured within the QGIS project. QGIS automatically displays the appropriate form as soon as the geometry of a feature has been edited. Moreover, MzS Tools provides a dedicated tool that automatically applies, to suitable layers of an SM project, a series of settings related to the QGIS "Topological editing" features. These features help the SM study author to avoid topological errors commonly made during feature editing.

The MzS Tools plugin includes the "Import project folder to geodatabase" tool to import data from an existing, SM standards compliant project based on the use of shapefiles and Microsoft Access database as data formats.

The file system structure of a project generated by the MzS Tools plugin does not correspond entirely to that provided by the SM Standards, as the former is optimised for use with QGIS. However, the project can be automatically transposed into an SM Standards compliant structure using an "Export" tool. This tool should be used at the

FIGURA 5
Layout for a geological-technical Map generated in QGIS environment by the MzS Tools plugin.



end of the entire study workflow to produce a file structure capable of passing the final validation process.

The QGIS Print Layout functions are accessible from the main menu in the Project section. The QGIS project generated by the MzS Tools plugin provides a set of ready to use print layouts for the different maps to be produced in a SM study (Figure 5).

Figure 5: Layout for a geological-technical Map generated in QGIS environment by the MzS Tools plugin

MzS Tools is published through the official QGIS plugin repository and can be downloaded directly through the extension management interface. Software development is still in progress, with the introduction of new functions and the improvement of existing ones. Being an open source product, the development of the plugin is open to anyone willing to contribute with code, suggestions and bug reports using the GitHub platform at <https://github.com/CNR-IGAG/mzs-tools>.

MzS Tools was created to facilitate SM studies in Italy, but a similar approach could be easily adopted, with appropriate modifications, in other contexts by leveraging the extensibility of QGIS and the wide range of flexible features offered by free and open source software.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento va al prof. **Dario Albarello**,
Giuseppe Cavuoto, **Cristina Di Salvo**, **Marco Mancini**,
Massimiliano Moscatelli, **Federica Polpetta** e **Francesco**
Stigliano per gli utili consigli e la preziosa revisione dei testi.

