



REGIONE MARCHE

Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza
e per la Protezione Civile



OPCM 3907/2010 – effettuazione delle indagini di microzonazione sismica (MZS) – Decreto
163/DPS del 22/12/2011.

**corso di formazione con partecipazione obbligatoria sulle specifiche
tecniche di MS per i professionisti incaricati**

venerdì 13 aprile 2012 – Centro Stella Maris – via Colle Ameno 5 – Torrette di Ancona

- caratterizzazione delle zone stabili dal punto di vista geomorfologico e geofisico (Prof Piero Farabollini – Università Camerino; Prof Dario Albarello – Università di Siena);
- caratterizzazione delle aree instabili sotto il profilo geomorfologico e geofisico (Prof Piero Farabollini – Università Camerino; Prof.ssa Claudia Madaï – Università di Firenze).

Lo studio di Microzonazione Sismica è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, che ha costi differenti in funzione del livello di approfondimento che si vuole raggiungere:

- il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;
- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS;
- il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.



Microzonazione Sismica di I livello

Le analisi vengono fatte utilizzando dati già esistenti e di facile reperibilità, ed hanno lo scopo di individuare cautelativamente le aree che sono potenzialmente soggette ai diversi effetti di sito, quali ad esempio effetti di amplificazione locale, liquefazione ed instabilità dei pendii.

Poichè questo livello di analisi deve permettere di inquadrare le problematiche della zona di studio in prospettiva sismica, l'area investigata non deve essere strettamente limitata alla zona per cui è richiesto lo studio di microzonazione, bensì le indagini devono essere estese al di fuori di questa in modo da permettere la caratterizzazione geologica e litostratigrafica del sito di interesse.

I risultati ottenuti hanno carattere qualitativo e vengono periodicamente aggiornati e verificati in considerazione delle nuove conoscenze derivanti da nuove analisi o da analisi più approfondite.

2.2 Procedura per la stesura della Carta delle indagini

La Carta delle indagini è un elaborato che viene predisposto per ciascuno dei tre livelli degli studi di MS (capitolo 1.6):

- per il livello 1 devono essere rappresentate le indagini preesistenti;
- per i livelli 2 e 3 devono essere rappresentate, oltre alle indagini preesistenti, anche le prove realizzate *ex-novo*.

Per tutti i livelli devono essere evidenziate le aree dove si ritiene importante o indispensabile che vengano effettuate ulteriori indagini.

2.2.1 FINALITÀ

Nella Carta delle indagini devono essere rappresentati la localizzazione e il tipo delle indagini.

Dalla distribuzione delle indagini per l'area di studio è possibile:

- individuare le aree con minore numero di indagini e pianificare le ulteriori indagini da effettuare;
- valutare preliminarmente la qualità dello studio: maggiore sarà il numero di indagini e di dati, più affidabili saranno l'interpretazione e i risultati.

2.2.2 SCALA DI RAPPRESENTAZIONE

La scala di rappresentazione, coerentemente a quanto previsto per gli studi di MS sarà 1:10.000 o superiore.

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 e avere implicazioni nella MS.

2.2.3 RAPPRESENTAZIONE DELLE INDAGINI

Le indagini dovranno essere rappresentate, in forma simbolica per tipologia.

Considerata l'importanza dello spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bedrock per la valutazione della risposta sismica locale, nella Carta dovranno essere chiaramente evidenziate le prove che hanno raggiunto il substrato.

Le informazioni relative alle prove in sito e ai punti di prelievo dei campioni, sia preesistenti che di nuova realizzazione, dovranno essere organizzate in una banca dati e georeferenziate su base cartografica CTR, tramite GIS.

Rimandando alla predisposizione di specifiche tecniche per la predisposizione della banca dati georeferenziate delle indagini, si riporta a livello indicativo un elenco, non esaustivo, delle tipologie di indagini a cui far riferimento per una preliminare classificazione:

INDAGINI GEOTECNICHE

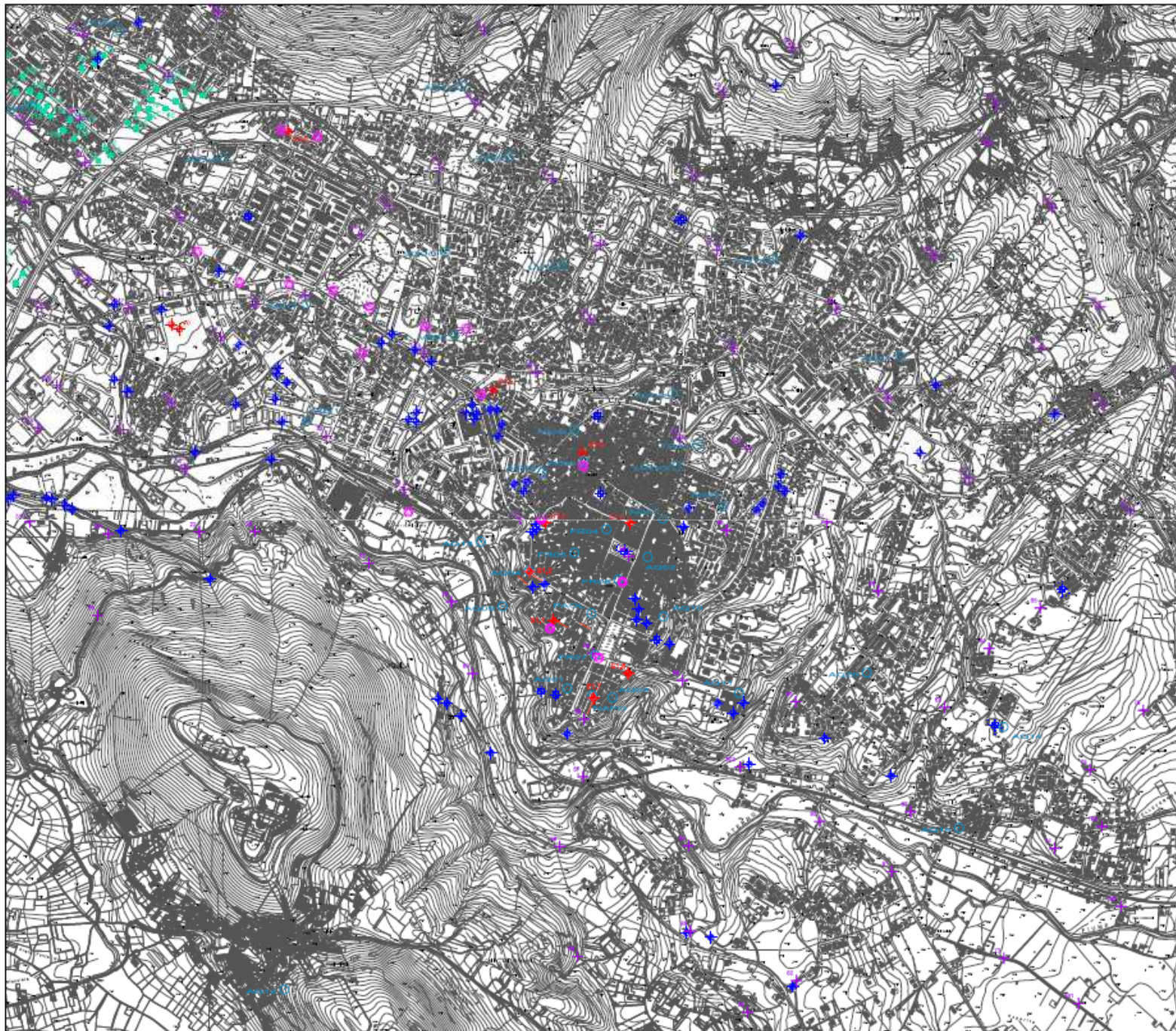
- S** Sondaggio a carotaggio continuo
- S_n** Sondaggio a distruzione di nucleo
- S_c** Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- S_p** Sondaggio con piezometro
- S_i** Sondaggio con inclinometro
- SPT** Prova penetrometrica in foro (SPT)
- CPT** Prova penetrometrica statica con punta meccanica (Cone Penetration Test)
- CPTe** Prova penetrometrica statica con punta elettrica
- CPTU** Prova penetrometrica statica con piezocono
- DP** Prova penetrometrica dinamica pesante
- DL** Prova penetrometrica dinamica leggera

- DMT** Prova dilatometrica
- PP** Prova pressiometrica
- VT** Prova scissometrica o Vane Test
- PLT** Prova di carico con piastra
- SDMT** Dilatometro sismico

- P_a** Pozzo per acqua
- P_i** Pozzo per idrocarburi
- T** Trincea o pozzetto esplorativo
- T_v** Trivellazione

INDAGINI GEOFISICHE

- S_r** Profilo sismico a rifrazione
- S_r** Profilo sismico a riflessione
- 3D** Indagine sismica 3D o tomografia sismica
- DH** Prova sismica in foro tipo Down-Hole
- CH** Prova sismica in foro tipo Cross-Hole
- UH** Prova sismica in foro tipo Up-Hole
- ReMi** Prova REfraction Microtremors
- SCPT** Prova penetrometrica con Cono Sismico (Seismic Cone Penetration Test)
- R** Misura di rumore
- SASW** Spectral Analysis of Surface Waves
- MASW** Multichannel Analysis of Surface Waves
- SEV** Sondaggio Elettrico Verticale
- SEO** Sondaggio Elettrico Orizzontale
- PR** Profilo di Resistività



Logo of the Municipality of Bergamo and the Department of Urban Planning and Landscape.

CARTA DELLE INDAGINI
Scala 1:5000

- Area di indagine (Area of investigation)
- Indagini in corso (Ongoing investigations)
- Indagini concluse (Completed investigations)
- Indagini in sospeso (Suspended investigations)
- Indagini in attesa (Investigations pending)
- Indagini in corso (Ongoing investigations)
- Indagini concluse (Completed investigations)
- Indagini in sospeso (Suspended investigations)
- Indagini in attesa (Investigations pending)

Carta delle indagini

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (o carte di livello1)

Carta che individua le zone dove, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche, è possibile prevedere un comportamento omogeneo in caso di terremoto.

Nella carta, le microzone sono distinte in:

a) zone stabili, in cui non si ipotizzano effetti locali significativi il moto sismico non viene modificato;

b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, in cui sono attese amplificazioni del moto sismico;

c) zone suscettibili di instabilità, in cui gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (i principali tipi di instabilità sono: - instabilità di versante; - liquefazioni; - faglie attive e capaci; - cedimenti differenziali).

La scala finale di rappresentazione non dovrà essere inferiore a 1:10.000 - 1:5.000.

2.3 Procedura per la stesura della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

La *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* (da qui in poi Carta) del livello 1 costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. Tale Carta è redatta preferibilmente alla scala 1:5.000 – 1:10.000.

Questa sezione descrive i seguenti argomenti:

- delimitazione delle aree oggetto di studio;
- scelta dei dati di base;
- legenda e campo carta;
- individuazione delle sezioni geolitologiche significative.

2.3.1 DELIMITAZIONE DELLE AREE OGGETTO DI STUDIO

Le aree da cartografare sono individuate nell'ambito di confronti tra il soggetto realizzatore degli studi di MS e il soggetto proponente (generalmente rappresentato dai responsabili della pianificazione territoriale e della pianificazione per l'emergenza). La delimitazione concordata è comunque da considerare un'indicazione di massima ed in fase di stesura della Carta sono ammesse variazioni in relazione a problematiche geologiche e geotecniche individuate; in particolare, l'area di studio sarà estesa fino a comprendere la zona d'influenza dei fenomeni geologici che possono interessare l'area da microzonare.

2.3.2 SCELTA DEI DATI DI BASE

I dati di base utilizzabili, oltre alla cartografia di base disponibile, sono:

- a. carte geologiche e geomorfologiche alla scala 1:5.000 – 1:10.000;
- b. carta litotecnica alla scala 1:5.000 – 1:10.000;
- c. logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggio;
- d. sezioni geolitologiche costruite con dati dedotti da a., b. e c.;
- e. carte di dissesto idrogeologico (es. Progetto IFFI, piani provinciali di dissesto idrogeologico, piani delle Autorità di bacino);
- f. carta delle indagini.

La Carta è realizzata per ottenere un adeguato dettaglio, utile per il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- caratterizzazione del substrato geologico;
- caratterizzazione dei terreni di copertura;
- ricostruzione delle aree potenzialmente interessate da deformazioni permanenti in caso di evento sismico;
- definizione di forme geomorfologiche di superficie e sepolte, particolarmente importanti per problematiche sismiche.

Questi obiettivi sono perseguibili con la distinzione nel campo carta di tre tipologie di zone e con simboli indicanti forme di superficie e forme sepolte (Figura 2.3-1).

2.3.3 LEGENDA E CAMPO CARTA



a. zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento.

Sono le zone dove è affiorante il substrato geologico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°)⁴⁰.

Il soggetto realizzatore dovrà, in base alla letteratura, alle proprie conoscenze pregresse del territorio e in base ai dati raccolti, identificare le zone che più probabilmente sono caratterizzate da $V_s \geq 800$ m/s.

Si richiedono nella descrizione della zona alcune informazioni sul substrato:

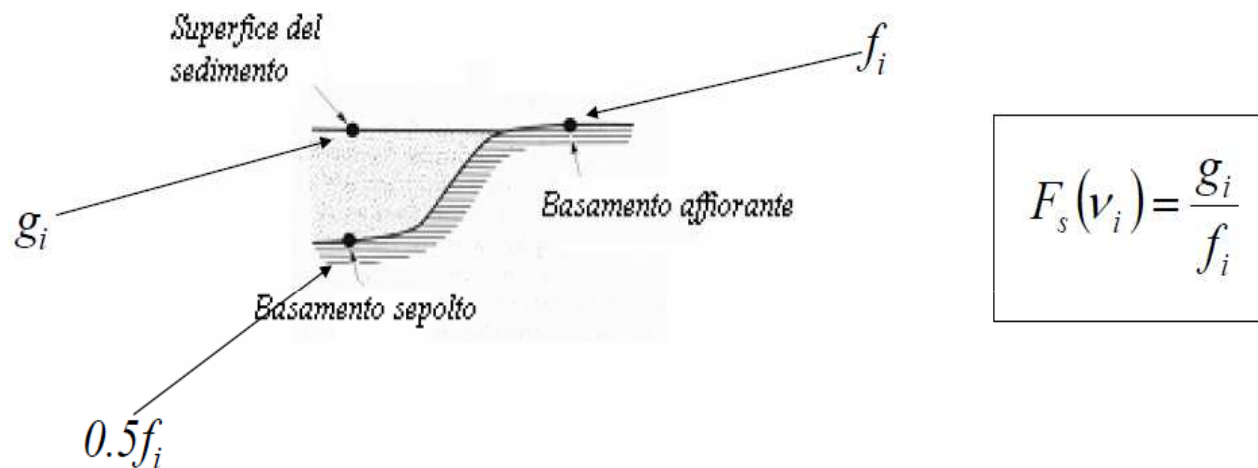
- tipologia: lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi, ad esempio depositi flyschoidi (differenza evidenziata con retini);
- stratificazione: sì/no (differenza evidenziata con indici S e NS);
- grado di fratturazione; differenza in base a parametro J_v (si noti che zone con $J_v > 10-15$ potrebbero non essere classificate come zone stabili, ma come zone stabili suscettibili di amplificazioni locali);
- profondità nelle zone dove non affiora (con isobate);
- posizione dei sondaggi che lo intercettano.

Le zone stabili saranno differenziate in base alla tipologia, alla stratificazione e al grado di fratturazione.

Le zone di questa categoria saranno caratterizzate da colori con gradazioni di blu e da un codice progressivo, identificativo per le singole aree, da 1 a k .

Saranno segnalate (con retino apposito di colore rosso su sfondo bianco e non avranno codice identificativo) fasce ad elevatissima fratturazione (es. fasce milonitiche in corrispondenza di lineamenti tettonici).

Per **amplificazione stratigrafica** si intende il rapporto esistente per ciascuna frequenza di vibrazione fra l'ampiezza dello scuotimento alla superficie dello strato sedimentario e quello che si avrebbe se nello stesso punto ci fosse il **basamento affiorante**



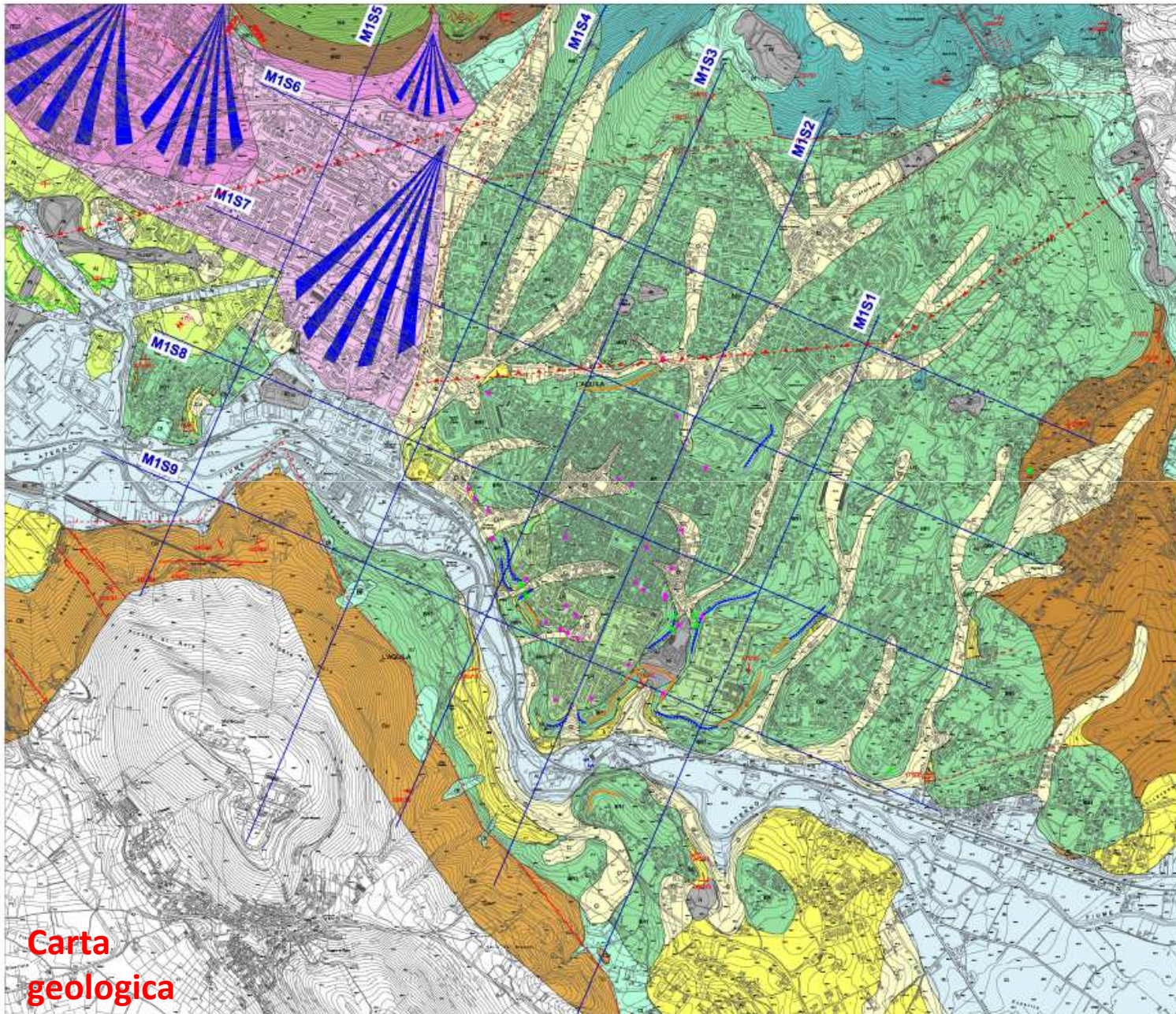
In questo caso g è l'ampiezza spettrale dello scuotimento atteso alla superficie delle coperture sedimentarie e $0.5 f$ è l'ampiezza spettrale attesa alla base delle coperture. f rappresenta il **moto di riferimento**

In generale si assume che **il moto di riferimento** sia noto "a priori" (da studi di pericolosità a grande scala) il che è **convenzionalmente** vero se il basamento ha velocità delle onde S pari almeno a **800 m/s**

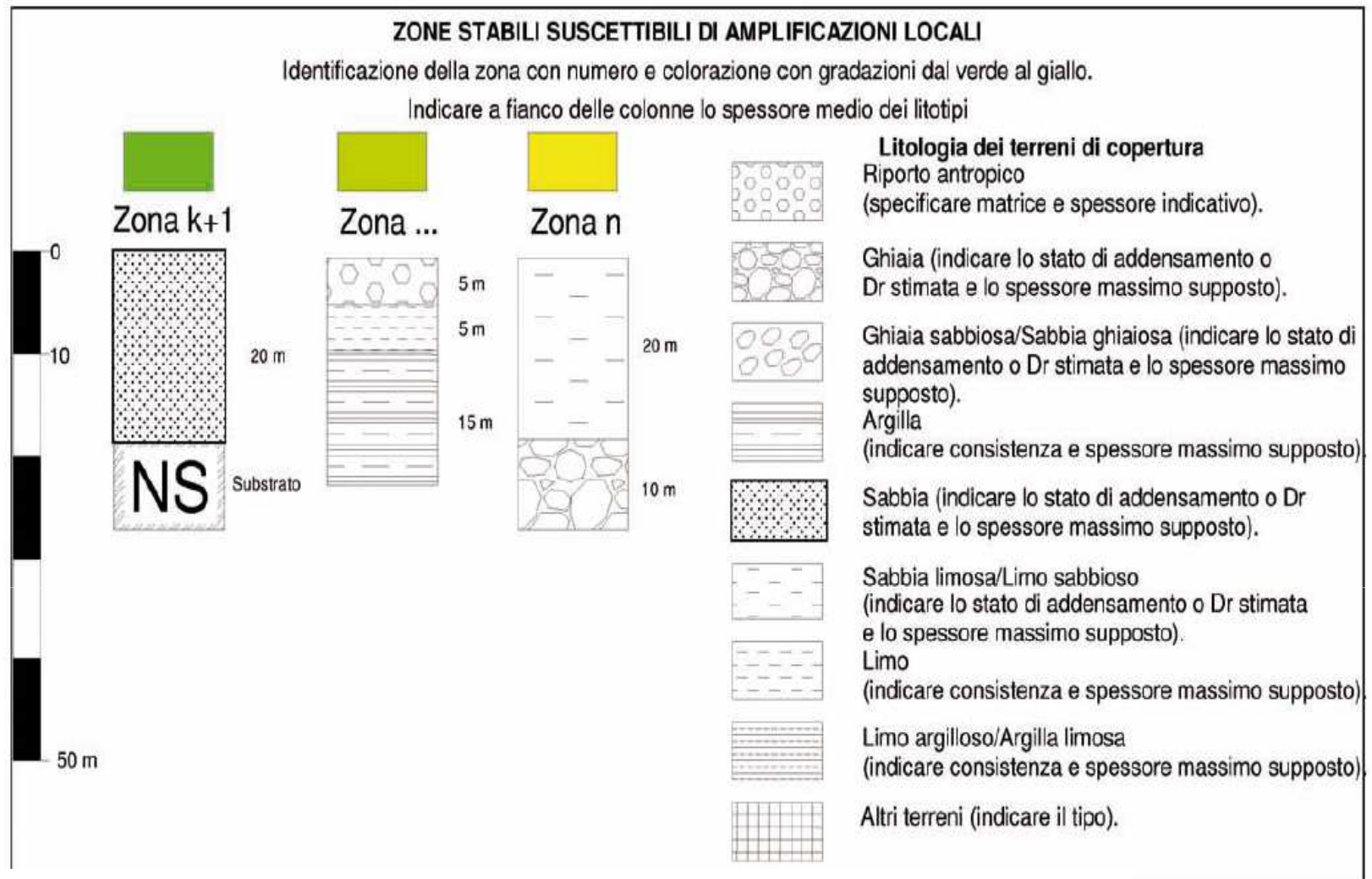
Terreni di copertura (per Vs crescenti)	Vs (m/s)	ν	g (kN/m³)	Go (MPa)	x
Colluvioni	300	0.35	17.7	162	0.03
Detrito	400	0.35	19.6	320	0.01
Fluvio lacustre limoso argilloso e Alluvioni limoso argillose	400	0.4	19.6	320	0.04
Fluvio lacustre sabbioso ghiaioso e Alluvioni sabbioso ghiaiose 1 - 2	400-700	0.35	19.6	320-980	0.01
Travertino 1 - 2	550-1000	0.3	19.6	605-2000	0.02
Formazioni del substrato (bedrock)	Vs (m/s)	ν	g (kN/m³)	Go (MPa)	x
Marnoso arenacea	1000	0.3	20.6	2100	0.005
Schlier	1000	0.3	21.6	2200	0.005
Bisciario	1200	0.25	22.6	3312	0.005
Scaglia cinerea (media)	1000	0.3	21.6	2200	0.005
Scaglia variegata	1200	0.25	22.6	3312	0.005
Scaglia rossa	1500	0.25	23.5	5400	0.005
Marne a fucoidi	1200	0.25	22.6	3312	0.005
Maiolica	1500	0.25	23.5	5400	0.005
Calcere Massiccio	2000	0.25	24.5	10000	0.005

Vs = velocità delle onde di taglio; **ν** = coefficiente di Poisson; **g** = peso di volume

Go = modulo di taglio iniziale; **x** = coefficiente di smorzamento iniziale



Carta geologica



b. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale.

Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_s < 800$ m/s). Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 5 m.

1. riporto antropico, con l'indicazione della matrice e dello spessore indicativo;
2. ghiaia, con l'indicazione dello stato di addensamento o la D_r e degli spessori minimi e massimi supposti;
3. ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa, con l'indicazione dello stato di addensamento o la D_r e degli spessori minimi e massimi supposti;
4. sabbia, con l'indicazione dello stato di addensamento o la D_r e degli spessori minimi e massimi supposti;
5. sabbia/limosa-limo/sabbioso, con l'indicazione dello stato di addensamento o la D_r e degli spessori minimi e massimi supposti;
6. limo, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
7. limo/argilloso-argilla/limosa, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
8. argilla, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
9. deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta con l'indicazione degli spessori minimi e massimi supposti;
10. detrito di versante (su pendio con acclività $< 15^\circ$) a granulometria mista o indistinta e degli spessori minimi e massimi supposti;
11. coltre di substrato alterato o intensamente fratturato con l'indicazione degli spessori minimi e massimi supposti;
12. substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/s;
13. altri terreni, con l'indicazione del tipo e degli spessori minimi e massimi supposti.

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono riportate nel campo carta e ognuna ha una corrispondenza univoca con una successione litologica riportata in legenda.

Accanto a ogni litologia è riportato lo spessore medio più rappresentativo del litotipo (tenendo naturalmente conto anche degli spessori minimi e massimi indicati nella legenda). Nelle zone in cui il dato è disponibile si riporta la profondità del substrato geologico. Le successioni litologiche, per quanto è possibile, sono riportate in scala.

Le microzone di questa categoria sono caratterizzate da colori con gradazione dal verde al giallo.

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali saranno contrassegnate da un codice progressivo da $k+1$ a n .

Depositi dovuti alla gravità

Corpi di frana (tipologia/movimento e attività)

Detriti di versante
Falde detritiche
Depositi di cono detritico
Depositi eluvio-colluviali

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Depositi alluvionali
Depositi di conoide alluvionale

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi carsici

Travertini
Calcareous tufa
Riempimenti di doline e condotti carsici

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi marini

Depositi di spiaggia
Cordoni litoranei
Deposito di stagno o laguna

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi glaciali

Depositi morenici

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi crionivali

Depositi di cono di valanga
Rock glaciers
Colate di blocchi
Nivomorene
Campi di pietre

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi eolici

Depositi di cordone dunare

} (*Tessitura, selezione, addensamento, consistenza, cementazione, attività*)

Depositi antropici

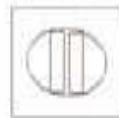
Discarica
Terrapieno
Rilevato
Argine

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

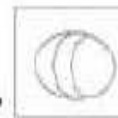
Instabilità di versante (FR)



a) attiva;
b) quiescente;
c) inattiva.



Corpo di frana
per crollo o ribaltamento.



Corpo di frana
per colata.



Corpo di frana
per scorrimento.



Corpo di frana
complessa.

Liquefazione (LI)



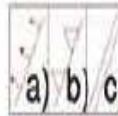
Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi e con superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione <20 m.

Cedimenti differenziali (CD)



Area di contatto stratigrafico o tettonico di litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Faglie attive e capaci (FA)



Faglia: a) diretta; b) inversa; c) trascorrente;
linea continua tratto accertato; linea a tratteggio tratto inferito.



Area interessata da deformazioni legate alla faglia attiva e capace

Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità



Area di sovrapposizione di due zone suscettibili di instabilità (le sigle si riferiscono agli elementi di instabilità).

c. zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Le zone identificano quattro categorie di effetti deformativi:

- instabilità di versante (codice progressivo, identificativo per le singole aree, da FR_1 a FR_n).

Distinte per tipo di frana:

- per crollo o ribaltamento
- per scorrimento
- per colata
- frana complessa

e distinte per attività:

- attiva
- quiescente
- inattiva

- liquefazione (LI_1 , LI_n).

Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi e con superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione < 15 m.

- faglia attiva e capace (FA_1 - FA_n) (indicare l'area interessata dalle deformazioni legate alla faglia).

Distinte per tipo di faglia:

- diretta
- inversa
- trascorrente

e distinte per:

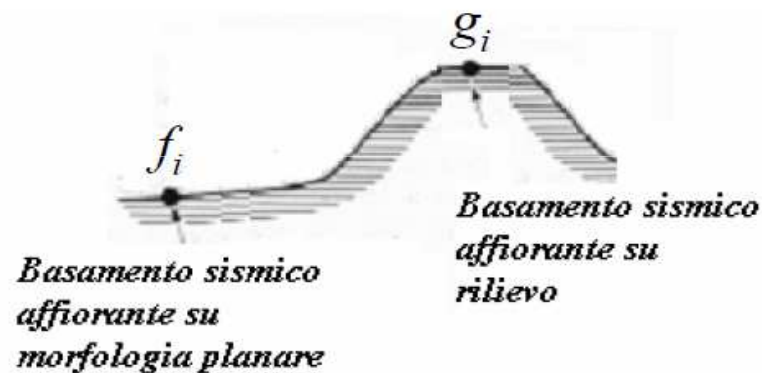
- tratto accertato
- tratto inferito

- cedimenti differenziali (CD_1 - CD_n).

Area di contatto stratigrafico o tettonico di litotipo con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

La sovrapposizione di due zone suscettibili di instabilità deve essere segnalata con la presenza di entrambi i codici.

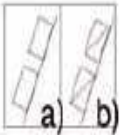
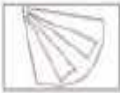

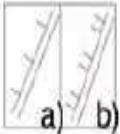





Per **amplificazione topografica** si intende il rapporto esistente per ciascuna frequenza di vibrazione fra l'ampiezza dello scuotimento alla superficie del basamento affiorante su superficie topografica piana e quello su **basamento affiorante ma su un rilievo**



$$F_T(v_i) = \frac{g_i}{f_i}$$

In questo caso ***f*** è il moto di riferimento e ***g*** contiene l'effetto della topografia

Anche in questo caso si assume che **il moto di riferimento** sia noto "a priori" (da studi di pericolosità a grande scala) il che è **convenzionalmente** vero se il basamento ha velocità delle onde S pari almeno a **800 m/s**

FORME DI SUPERFICIE		FORME/ELEMENTI SEPOLTI	
 <p>Orlo di scarpata morfologica. a) 10-20 m; b) > 20 m.</p>	 <p>Conoide alluvionale.</p>	 <p>Scarpata (indicare altezza e pendenza se disponibili).</p>	
 <p>Orlo di terrazzo fluviale a) 10-20 m; b) > 20 m.</p>	 <p>Falda detritica.</p>	 <p>Valle: a) stretta ($C > 0.25$); b) larga ($C < 0.25$) (coefficiente di forma $C = H/L/2$).</p>	
 <p>Picco isolato.</p>	 <p>Cresta.</p>	 <p>Area con cavità sepolta.</p>	

d. forme di superficie

- orlo di scarpata morfologica
 - 10 - 20m
 - > 20m
- orlo di terrazzo fluviale
 - 10 - 20m
 - > 20m
- picco isolato
- cresta
- conoide alluvionale
- falda detritica

e. forme/elementi sepolti

- scarpata
 - indicare altezza e pendenza
- valle
 - valle stretta $C > 0.25$
 - valle larga $C < 0.25$

C coefficiente di forma ($C = h/l$)
dove *h* è lo spessore della coltre alluvionale, *l* la sua semiampiezza
- area con cavità sepolta.

2.3.4 INDIVIDUAZIONE DELLE SEZIONI GEOLITOLOGICHE SIGNIFICATIVE

In relazione alle caratteristiche geologiche e strutturali, alla morfologia ai rapporti tra depositi di copertura e substrato e alla distribuzione delle aree in studio sono ricostruite sezioni geologico-tecniche utili a prime considerazioni sulla pericolosità sismica locale.

In particolare, sono evidenziate le situazioni (potenziale causa di amplificazione sismica) alle quali è necessario porre attenzione per l'individuazione di sezioni 1D e 2D da sottoporre a modellazione numerica.

In relazione agli effetti dovuti ad una sollecitazione sismica, gli aspetti geologici e geomorfologici principali da considerare nel tracciare le sezioni sono così sintetizzabili:

- a.** amplificazione per effetti topografici e morfologici. Sono discontinuità morfologiche che possono comportare l'amplificazione del moto del suolo connessa con la focalizzazione delle onde sismiche, quali:
 - pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 m;
 - bordi di terrazzo o zone di ciglio ($H > 10$ m);
 - creste rocciose sottili (larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$).
- b.** amplificazione per effetti litologici. L'amplificazione è legata in primo luogo a differenze in termini di rigidità sismica tra substrato e copertura e secondariamente alla conformazione geometrica con conseguenti fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche: valli fluviali, conoidi, falde di detrito, ammassi rocciosi molto fratturati.
- c.** amplificazione per morfologie sepolte. In questo caso il fenomeno di amplificazione è generato a causa di un substrato roccioso con morfologia sepolta molto accidentata (es. presenza di paleovalvei). Ciò può produrre anche fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche.

1.6.2.5 DATI PER VALUTAZIONI DELLE AMPLIFICAZIONI

Per le valutazioni delle amplificazioni in superficie sono indispensabili dati su:

- pericolosità sismica di base per definire l'input sismico di riferimento;
- morfologia superficiale del sito;
- litostratigrafia del sito con particolare attenzione alla profondità del bedrock sismico (quando individuabile);
- morfologia del bedrock sismico;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni e caratterizzazione geomeccanica di ammassi rocciosi fratturati;
- profilo della velocità delle onde S (V_s);
- periodo fondamentale di vibrazione;
- caratterizzazione dei terreni in condizioni dinamiche.

I metodi di indagine raccomandati sono i seguenti:

DATI DI BASE	METODI DI INDAGINE RACCOMANDATI
Input sismico di riferimento	Analisi di pericolosità di base e/o dati strumentali
Morfologia del sito	Modello digitale del terreno, cartografia topografica di dettaglio
Litostratigrafia	Rilevamento geologico, sondaggi
Profondità bedrock sismico e morfologia sepolta	Sondaggi, sezioni geologiche 2D, indagini geofisiche
Falda acquifera	Sondaggi, indagini geoelettriche
Caratterizzazione geotecnica e geomeccanica	Analisi geomeccaniche, prove in sito, prove di laboratorio, correlazioni con SPT e CPT
Profilo V_s	Down-Hole, Cross-Hole, sismica a rifrazione, SASW, MASW, array sismici, correlazioni con proprietà geotecniche
Periodo fondamentale	Misure di microtremiti
Caratterizzazione proprietà dinamiche dei terreni	Colonna risonante, taglio torsionale ciclico, taglio semplice ciclico con doppio provino

1.6.2.6 DATI PER VALUTAZIONI DI INSTABILITÀ DI VERSANTE

Per le valutazioni di instabilità di versante sono indispensabili dati su:

- scuotimento in superficie (in genere, in termini di accelerazione massima del suolo, a_g);
- profilo topografico e geometria del versante, inteso come associazione fra topografia e forme geomorfologiche;
- litostratigrafia;
- caratterizzazione geotecnica;
- modello di frana (materiale coinvolto, geometria e profondità della superficie di rottura, cinematismo);
- condizioni idrogeologiche;
- caratteristiche di resistenza a taglio.

I metodi di indagine raccomandati sono i seguenti:

DATI DI BASE	METODI DI INDAGINE RACCOMANDATI
Scuotimento in superficie	Analisi di pericolosità di base e locale e/o dati strumentali
Carta delle pendenze	Rilevamento topografico, modello digitale del terreno, cartografia topografica di dettaglio
Litostratigrafia	Rilevamento geologico, sondaggi
Caratterizzazione geotecnica	Prove standard di laboratorio, correlazioni con SPT e CPT
Modello di frana	Fotointerpretazione, rilevamento geologico e geomorfologica, indagini geotecniche e geofisiche in sito (sondaggi, profili sismici a rifrazione, ...)
Falda acquifera	Sondaggi, indagini piezometriche
Resistenza dei terreni rispetto alla stabilità	Prove standard di laboratorio, correlazioni con prove in sito (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.

Per quanto riguarda le frane, oltre allo stato di attività, deve essere considerata anche la tipologia di movimento. Le frane complesse saranno cartografate distinguendo, dove possibile, le aree a diverso meccanismo di movimento, altrimenti l'intero fenomeno sarà rappresentato dalla tipologia di movimento prevalente.

Dovranno essere individuati e delimitati i fenomeni franosi indicando il loro stato di attività come di seguito specificato:

- attivi legati a processi in atto o ricorrenti a ciclo breve;
- quiescenti, con possibilità di riattivazione nell'attuale sistema morfoclimatico;
- inattivi, cioè riferibili a condizioni climatiche diverse dalle attuali, oppure a condizioni morfologiche non più attivabili; ove possibile, si dovrà indicare (mediante opportuna sigla), se le attuali condizioni di stabilità siano state raggiunte a seguito di interventi di bonifica o risultino naturalmente stabilizzate.

Lo stato di attività dovrà essere determinato, oltre che mediante le evidenze morfologiche, sulla base di studi storico-archivistici e sulla testimonianza delle popolazioni locali.

- la presenza di frane, anche se inattive nelle condizioni morfoclimatiche correnti;
- la presenza di formazioni geologiche, nell'area studiata, notoriamente affette da franosità;
- la presenza di elementi morfologici suscettibili, quali versanti acclivi, orli e bordi di scarpate, zone in forte stato di erosione, come pure la presenza di terreni sciolti o a elevato grado di fatturazione su pendii prossimi all'angolo di natural declivio.

In particolare andranno evidenziate le forme del rilievo che mostrano segni di movimenti di massa o di denudamento dei versanti, come pure tutte le emergenze idriche utili a definire lo schema della circolazione idrica sotterranea e lo stato e la natura dei processi di degradazione e alterazione delle coltri superficiali.

Attivi	Quiescenti	Inattivi
Scarpate, terrazzi e crepacci con bordi netti	Scarpate, terrazzi e crepacci con bordi arrotondati	Scarpate, terrazzi e crepacci difficilmente distinguibili
Depressioni o trincee privi di riempimenti secondari	Depressioni o trincee con riempimento secondario	Depressioni riempite
Movimenti di massa secondari sulle scarpate, scarpate acclivi e non vegetate	Nessun movimento di massa secondario sulle scarpate	Scarpate poco acclivi e vegetate
Superfici di frattura fresche sui blocchi	Superfici di frattura degradate sui blocchi	Superfici di rottura difficilmente distinguibili
Sistema di drenaggio sconvolto, deviazioni.	Stabilizzazione del reticolo di drenaggio	Sistema di drenaggio integro
Creste di pressione al contatto con i margini di scorrimento	Rigonfiamenti e ondulazioni ai margini	Superficie topografica integra
Assenza di sviluppo di suolo sulla parte esposta della superficie di rottura	Sviluppo di suolo sulla parte esposta della superficie di rottura	Superficie di rottura non più identificabile
Presenza di vegetazione a crescita rapida		Presenza di vegetazione a crescita lenta
Differenza netta di vegetazione tra le zone interne ed esterne della frana	Differenze di ricrescita della vegetazione tra la zona interna e quella esterna	Nessuna differenza di vegetazione tra le zone interne ed esterne della frana
Alberi inclinati senza ricrescita verticale	Alberi inclinati con ricrescita verticale nelle porzioni successive alla parte inclinata	Alberi a ricrescita verticale
Rigonfiamenti e rotture superficiali non livellati dai lavori agricoli stagionali	Presenza di ondulazioni smussate ma ancora osservabili	Superficie del corpo di frana rimodellato dai lavori agricoli stagionali

Una classificazione esauriente perché adattabile alla realtà geomorfologica italiana è quella di Varnes (1978). Tale classificazione in base al tipo di movimento si articola in cinque classi principali:

1. *Crolli*
2. *Ribaltamenti*
3. *Scivolamenti (rotazionali e traslativi)*
4. *Espansioni laterali*
5. *Colate*

alle quali si aggiunge la classe dei fenomeni

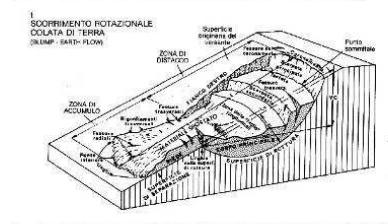
6. *Complessi*

Ognuna di queste classi è quindi suddivisa ulteriormente, sulla base del tipo di materiale coinvolto nel fenomeno franoso:

- a. *roccia*
- b. *detrito*
- c. *terra*

in tre sottoclassi per un totale di circa 20 tipi.

TIPO DI MOVIMENTO (PREVALENTE)	TIPO DI MATERIALE (PRIMA DEL MOVIMENTO)				
	AMMASSO ROCCIOSO (BEDROCK)	PREVALENTEMENTE GROSSOLANO	DETRITO (DEBRIS)	TERRENO SCIOLTO (ENGINEERING SOILS)	PREVALENTEMENTE FINE
I - CROLLI (FALLS) La massa si muove prevalentemente nell'aria. Il fenomeno comprende a caduta libera, il movimento a catti e ribaltati, e il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto.	CROLLO DI ROCCIA (ROCK FALLS) Estremamente rapido 	CROLLO DI DETRITO (DEBRIS FALL) 		CROLLO DI TERRA (EARTH FALL) 	
II - RIBALTAMENTI (TOPPLES) Movimento dovuto a forze che causano un momento di ribaltamento attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata. Qualora il fenomeno non sia frenato può evolvere in un crollo o in uno scorrimento.	RIBALTAMENTO DI ROCCIA (ROCK TOPPLE) 	RIBALTAMENTO DI DETRITO (DEBRIS TOPPLE) 		RIBALTAMENTO DI TERRA (EARTH TOPPLE) 	
III - SCORRI- MENTI (= SCIVOLA- MENTI) (SLIDES) Il movimento composto uno spostamento per taglio lungo una o più superfici oppure entro un intervallo abbastanza sottile. Queste superfici di scorrimento sono visibili o possono essere raggiunti, raramente ricostituite.	A. ROTAZIONALI (= SCORSCENDIMENTI) (ROTATIONAL) Movimento dovuto a forze che producono un momento di rotazione attorno ad un punto posto al di sopra del centro di gravità della massa. La superficie di rottura si presenta concava verso l'alto. 	SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI ROCCIA (= SCORSCENDIMENTO ROTAZIONALE DI ROCCIA) (= SCORSCENDIMENTO DI ROCCIA) (ROTATIONAL SLIDE) 	SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI DETRITO (= SCORSCENDIMENTO ROTAZIONALE DI DETRITO, (= SCORSCENDIMENTO DI DETRITO) (DEBRIS SLIDE) 	SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI TERRA (= SCORSCENDIMENTO ROTAZIONALE DI TERRA) (EARTH SLIDE) 	
	B. TRASLATIVI (= SCIVOLAMENTI p.d.) (TRANSLATIONAL) Il movimento si verifica in prevalenza lungo una superficie più o meno piana o debolmente ondulata, corrispondente frequentemente a discontinuità strutturali, assai raramente a fratturazioni o di stratificazione, o passaggio fra strati di diversa composizione litologica. Il contatto tra rocce in posto è detto sovrastante. 	SCORRIMENTO TRASLATIVO DI ROCCIA IN BLOCCO (= SCORSCENDIMENTO DI ROCCIA IN BLOCCO) (= SCORSCENDIMENTO DI BLOCCO) (BLOCK SLIDE) 	SCORRIMENTO TRASLATIVO DI DETRITO (= SCORSCENDIMENTO DI DETRITO) (DEBRIS SLIDE) 	SCORRIMENTO TRASLATIVO DI TERRA IN BLOCCO (= SCORSCENDIMENTO DI TERRA IN BLOCCO) (BLOCK SLIDE) 	
IV - ESPANSIONI LATERALI (LATERAL SPREADS) Movimenti di espansione laterale, diffusi in una massa frantumata che si verificano in due seguenti modi: A. non si riconosce né una superficie basale di scorrimento, né una zona di deformazione plastica ben definita (prevalentemente in roccia). B. l'espansione laterale della roccia o del terreno sciolto è dovuta alla liquefazione e alle deformazioni plastiche del materiale sottostante.				FRANA PER ESPANSIONE LATERALE DI TERRA (= PER LATERAL SPREAD) Molto rapida 	
V - COLAMENTI (FLOWS) A. IN AMMASSI ROCCIOSI (IN BEDROCK) Il fenomeno comprende deformazioni spazialmente continue e scricchi, sia superficiali che orofondali. Essi comportano movimenti differenziali, che sono estremamente lenti e generalmente non accelerati, fra unità che rimangono relativamente intatte. I movimenti possono: 1) avvenire lungo più superfici di taglio che apparentemente non sono colligate; 2) provocare piegamenti o rigiramenti; oppure 3) apparire accostatamente simili, nella distribuzione della velocità, ai movimenti tipici del fluido viscoso. B. IN TERRENI SCIOLTI (IN SOIL) Il fenomeno si esplica con movimenti entro la massa sottostante, tali, per cui o la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione apparente delle velocità e degli spostamenti, sono simili a quelle dei fluidi viscosi. Le superfici di scorrimento nella frana che si muove non sono generalmente visibili, oppure hanno breve durata. Il limite tra la massa in movimento e il materiale in posto può essere una superficie netta di movimento differenziale, oppure una zona di scorrimenti distribuiti. Il movimento varia da estremamente rapido a estremamente lento.	 	COLATA DI DETRITO (DEBRIS FLOW) Molto rapida COLATA DI BLOCCHI (BLOCK FLOW) 	COLATA DI MATERIALE SCIOLTO O SACCO SCIVOLI LENTO (SLOW FLUXION) COLAMENTO QUISCRICALE LENTO (SLOW CREEP) Estremamente lento COLATA DI BLOCCHI (BLOCK FLOW) 	COLATA VELOCE DI TERRA (EARTH FLOW) Molto rapida Davide - 1958 COLATA DI TERRA (EARTH FLOW) Da lentissima a rapida Garcias e Merz - 1989 COLATA DI LOESS (LOESS FLOW) Molto rapida Mantellita, provocata da terremoto Estremamente rapida, anche urto di esplosione COLATA DI SABBIA ASSIUTTA (FINE SAND OR SILT FLOW) Da rapida a molto rapida COLATA DI TERRA (EARTH FLOW) Molto rapida 	
VI - COMPLESSI (COMPLEX) Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei cinque tipi principali sopra descritti. Molte frane sono complesse, ma generalmente un tipo di movimento predomina, spazialmente o temporaneamente, sugli altri.					



NOMENCLATURA

SCARPATA PRINCIPALE (MAIN SCARP) - Superficie generalmente rettilinea, che delimita l'area quasi indisturbata circostante la parte superiore della frana, provocata dall'allontanamento del materiale di frana da quello non spostato. Questa è la sua prolungamento al di sotto del materiale spostato, corrispondendo la superficie di rottura.

SCARPATA SECONDARIA (MINOR SCARP) - Roccia superficiale che riflette il materiale spostato, prodotta da movimenti differenziali all'interno della massa di frana.

TESTATA (HEAD) - Le parti più alte del materiale di frana, lungo il limite tra il materiale spostato e la scarpata principale.

PUNTO SOMMITALE (TOP) - Il punto più alto dell'interne tra il materiale spostato e la scarpata principale.

MARGINE INFERIORE DELLA SUPERFICIE DI ROTTURA (TOE OF SURFACE OF RUPTURE) - Il limite quasi sempre scarpato tra la parte inferiore della superficie di rottura o la superficie di origine del versante.

LINGHIA DELLA FRANA (TOE) - Il margine del materiale spostato, situato alla maggior distanza della scarpata principale.

PUNTO INFERIORE (TOE) - Il punto dell'angolo situato a maggior distanza dal punto sommitale della frana.

PIEDI (FOOT) - Quella parte del materiale spostato che si trova a valle del margine inferiore della superficie di rottura.

CORNO PRINCIPALE (= MAIN CORNICE) - Quella parte del materiale spostato che ricopre la superficie di rottura, tra la scarpata principale e il margine inferiore della superficie di rottura.

RANCO (FLAW) - Lato della frana.

CORONAMENTO (CROWN) - Il materiale rimasto in posto, e quasi indisturbato, adiacente alle parti più alte della scarpata principale.

SUPERFICIE ORIGINARIA DEL VERSANTE (ORIGINAL GROUND SURFACE) - La superficie del versante che esisteva prima che avvenisse il movimento; raramente presente, essa può essere rintracciata su detta superficie di rottura.

SUPERFICIE DI SEPARAZIONE (SEPARATION SURFACE) - Termine generale per indicare la superficie che separa il materiale spostato di materiale in posto, indipendentemente dal fatto che indichi la sua visiva o no: vi sia stata rottura.

MATERIALE SPOSTATO, O FRANATO (DISPLACED MATERIAL) - Il materiale che si è allontanato dalla sua posizione originaria nel versante. Può essere deformato o non deformato.

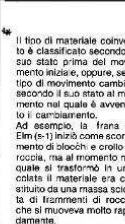
FRANATO (DISPLACED) - Materiale che si è allontanato dalla sua posizione originaria nel versante. Può essere deformato o non deformato.

ZONA DI DISTACCO (ZONE OF DEFLECTION) - L'area entro la quale il materiale spostato si trova a quota inferiore a quella della superficie originaria del versante.

ZONA D'ACCUMULO (ZONE OF ACCUMULATION) - L'area entro la quale il materiale spostato si trova a quota superiore a quella della superficie originaria del versante.

SINISTRA E DESTRA (LEFT AND RIGHT) - Nella descrizione di un corpo franato è meglio usare le direzioni orientate con la bussola, quando si adoperano i termini "destra" o "sinistra", questi vanno riferiti a chi guarda la frana dal coronamento.

L - Lunghezza (= corda) della superficie di rottura.
VC - Componente verticale di L.
HC - Componente orizzontale di L.
D - Massimo spessore del cono di frana, all'interno del movimento.
L' - Lunghezza totale dell'area interessata dal movimento franoso.



A. Carrara, B. D'Elia, E. Semenza. **Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi**

TAV. 1
TIPOLOGIA DEI MOVIMENTI DI VERSANTE
(TYPES OF SLOPE MOVEMENTS)

Loiumento modificata, da **David J. Varnes**, Slope Movements Types and Processes, In: Landslides: Analysis and Control, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Chapter 2, 1978.

Copie di questa tavola possono essere ordinate all'Istituto Geologico Applicato e Geodetico all'Università, via R. Corbelli 200, 40126 Bari, oppure all'Istituto di Geologia dell'Università, C. Trovati 1/Am. 32, 44100 Ferrara.

Copie della tavola originaria possono essere ordinate al Transportation Research Board, 1201 Constitution Ave. N.W., Washington, D.C. 20048, allegando il prezzo di 2 ogni copia.

Il tipo di materiale coinvolto è classificato secondo il suo stato prima del movimento iniziale, oppure, se il tipo di movimento cambia, secondo il suo stato al momento nel quale è avvenuto il cambiamento.

Ad esempio, la frana di Elm (n. 1) iniziò come scorrimento di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata il materiale era costituito da una massa solida di frammenti di roccia che si muoveva molto rapidamente.

STATO DI ATTIVITÀ DI UNA FRANA

La corretta ed univoca interpretazione dello stato di attività delle forme e della loro collocazione cronologica risulta di importanza fondamentale per la formulazione di ipotesi sull'evoluzione futura di un territorio.

In accordo con i più recenti riferimenti bibliografici (Varnes, 1978; GNGFG, 1987; Canuti et al, 1991) si è soliti distinguere tre stati di attività: attivo, quiescente, inattivo.

Sono da considerare inattive le forme per le quali l'agente morfogenetico non è più presente al momento del rilevamento, in quanto ha esaurito la propria attività oppure perché per tornare ad agire efficacemente sulla forma sarebbero necessarie profonde variazioni nei fattori morfoclimatici e/o morfodinamici.

Vengono considerate attive s.s. le forme per le quali risultano in atto al momento del rilevamento, o ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale, i processi che le hanno generate e ne hanno condizionato l'evoluzione;

Sono classificate come quiescenti le forme non attive al momento del rilevamento e prive di periodicità stagionale, per le quali però esistano sicuri dati (geomorfologici, storici, bibliografici, ecc.) che ne dimostrino l'attività passata nell'ambito dell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico e che abbiano oggettive possibilità di riattivazione non avendo esaurito la loro potenzialità di evoluzione.

Il Progetto IFFI prevede i seguenti caratteri distintivi (Progetto IFFI – Allegato Tecnico Convenzione 2004-2005):

stato attivo: quando si vedono nel dettaglio, con chiarezza, elementi singoli o associati quali, fessurazioni aperte, marcati rigonfiamenti e ondulazioni del terreno, denudamenti nella copertura vegetale, presenza di impregnazioni e ristagni di acqua, evidenti lesioni a manufatti e viabilità, significative sconnessioni nella copertura boschiva, ecc. Quando determinate evidenze morfologiche, pur se singolarmente non identificabili con chiarezza, costituiscono nel loro insieme, una marcata, fresca, recente anomalia (intesa in senso gravitativo) nel contesto della normale evoluzione morfologica del versante.

stato quiescente: quando i suddetti indicatori cinematici non sono più marcatamente visibili, ma la morfologia del versante lascia intravedere o intuire cicatrici e testimonianze di questa passata attività.

stato stabilizzato: quando la frana è visibile, generalmente ad uno stadio piuttosto evoluto, nelle sue forme principali (zona di distacco, zona di accumulo, limiti perimetrali e principali morfostrutture interne). Spesso è anche oggetto di significative forme di antropizzazione.

stato relitto: quando la forma raggiunta, generalmente ad uno stadio evoluto o esaurito, viene rimodellata da altri agenti, per cui diviene anche difficile riconoscere e rappresentare i limiti del vecchio corpo di frana.

Tabella 1.3 – Schema riepilogativo dei principali fattori che concorrono a predisporre e innescare i fenomeni gravitativi nel territorio italiano.

FATTORI DELLA FRANOSITÀ		
LITOLOGICI	<ul style="list-style-type: none"> • composizione • struttura • tessitura 	<ul style="list-style-type: none"> • stato di alterazione • caratteristiche geomeccaniche delle rocce e dei terreni
MORFOLOGICI	<ul style="list-style-type: none"> • orografia • morfometria dei versanti 	<ul style="list-style-type: none"> • assetto del reticolo idrico
STRUTTURALI E TETTONICI	<ul style="list-style-type: none"> • stratificazione • scistosità • fratturazione • fessurazione 	<ul style="list-style-type: none"> • evoluzione geodinamica • regime tettonico attuale • sismicità
METEOCLIMATICI	<ul style="list-style-type: none"> • regime termo-pluviometrico • tipologia e distribuzione delle precipitazioni 	<ul style="list-style-type: none"> • frequenza e intensità degli eventi estremi
IDROGEOLOGICI	<ul style="list-style-type: none"> • idrografia • sorgenti • bilancio idrogeologico 	<ul style="list-style-type: none"> • caratteristiche della circolazione idrica superficiale • caratteristiche della circolazione idrica sotterranea
USO DEL SUOLO	<ul style="list-style-type: none"> • classi di uso del suolo (superfici artificiali, superfici agricole utilizzate, territori boscati e ambienti seminaturali, zone umide, corpi idrici) 	
ANTROPICI	<ul style="list-style-type: none"> • realizzazione di nuovi insediamenti • presenza o realizzazione di vie di comunicazione • uso agricolo improprio • errata gestione dei boschi, disboscamenti • ostruzioni di impluvi naturali • eccessivo riempimento di bacini di ritenuta idrica • impermeabilizzazioni • modifiche all'assetto morfologico, quali sbancamenti, scavi, trincee, terrazzamenti, ecc. 	<ul style="list-style-type: none"> • indiscriminati appesantimenti dei versanti • eccessivo pascolamento • attività estrattive • inadeguata o errata destinazione d'uso del suolo • mancate o inadeguate attività di sistemazione e manutenzione dei corsi d'acqua e dei versanti • rottura di reti idriche • vibrazioni artificiali • infrastrutture di servizio

1.6.2.7 DATI PER VALUTAZIONI DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Per le valutazioni della suscettibilità alla liquefazione sono indispensabili dati su:

- scuotimento in superficie (in genere, in termini di accelerazione massima del suolo, PGA);
- magnitudo degli eventi attesi;
- litostratigrafia;
- granulometria;
- profondità della falda;
- resistenza dei terreni sotto carico ciclico.

I metodi di indagine raccomandati sono i seguenti:

DATI DI BASE	METODI DI INDAGINE RACCOMANDATI
Scuotimento in superficie	Analisi di pericolosità di base e locale e/o dati strumentali
Magnitudo	Catalogo dei terremoti
Litostratigrafia	Sondaggi
Caratterizzazione granulometria e geotecnica	Prove standard di laboratorio, correlazioni con in sito (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.
Idrogeologia	Indagini piezometriche
Resistenza dei terreni rispetto alla liquefazione	Prove standard di laboratorio, correlazioni con prove in sito (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.

1.6.2.8 DATI PER VALUTAZIONI DELLE FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Per le valutazioni della faglie attive e capaci sono indispensabili dati su:

- traccia della faglia in superficie;
- litostratigrafia generale e di dettaglio;
- entità delle dislocazioni;
- geometria del piano di faglia in profondità;
- datazioni dei movimenti della faglia.

I metodi di indagine raccomandati sono i seguenti:

DATI DI BASE	METODI DI INDAGINE RACCOMANDATI
Traccia in superficie	Rilevamenti in situ, interpretazione foto aeree
Litostratigrafia	Sondaggi, analisi geotecniche, analisi paleosismologiche
Dislocazioni e rotture per faglia	Analisi paleosismologiche
Andamento faglie in profondità	Analisi paleosismologiche, indagini geofisiche
Datazioni dei movimenti	Radiometria

1.6.2.9 DATI PER VALUTAZIONI DI CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Per le valutazioni di cedimenti differenziali sono indispensabili dati su:

- traccia del contatto stratigrafico o tettonico dei terreni a diversa competenza;
- litostratigrafia di dettaglio dei due terreni;
- geometria del piano di contatto in profondità.

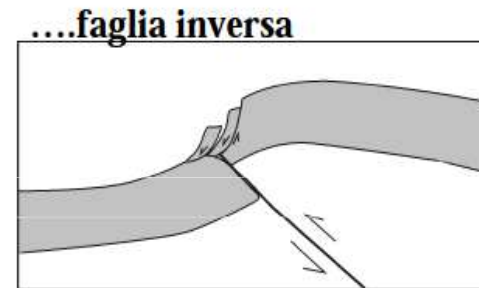
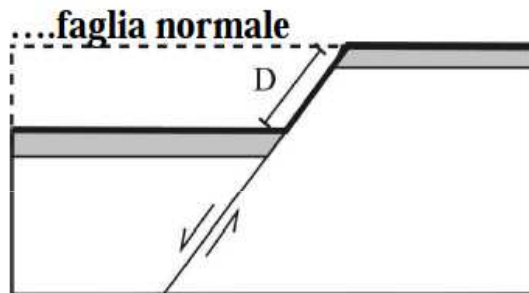
I metodi di indagine raccomandati sono i seguenti:

DATI DI BASE	METODI DI INDAGINE RACCOMANDATI
Traccia in superficie	Rilevamenti in situ, interpretazione foto aeree
Litostratigrafia	Sondaggi, prove geotecniche
Geometria del contatto	Indagini geotecniche, geofisiche e sismica a rifrazione

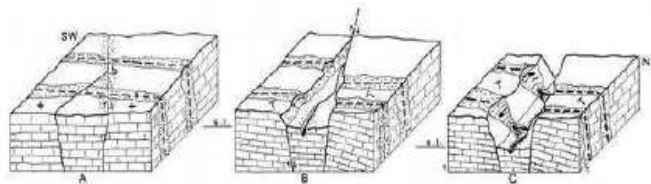
Terremoti e Faglie

Irradiazione elastica (onde sismiche) generata dallo scorrimento rapido tra due blocchi di roccia. La rottura si propaga verso l'alto e può interessare la superficie topografica.

(velocità intorno ai 3-4 km al secondo)



....faglia trascorrente



Se il movimento tra i due blocchi di roccia si propaga fino in superficie, si ha la rottura della superficie topografica con conseguente formazione di una **SCARPATA DI FAGLIA** (intersezione tra la topografia e la faglia) o di spostamento orizzontale o verticale di elementi lineari sia morfologici che geologici.

FAGLIA ATTIVA

E' considerata attiva una faglia originatasi e/o riattivata durante il campo di *stress* agente correntemente nell'area

Ad es.....Faglia quaternaria, pleistocenica, olocenica, storica.

STRUTTURE SUPERFICIALI

FAGLIA CAPACE

che ha generato **fagliazione superficiale** durante un evento sismico **negli ultimi 20 ka** (IAEA)

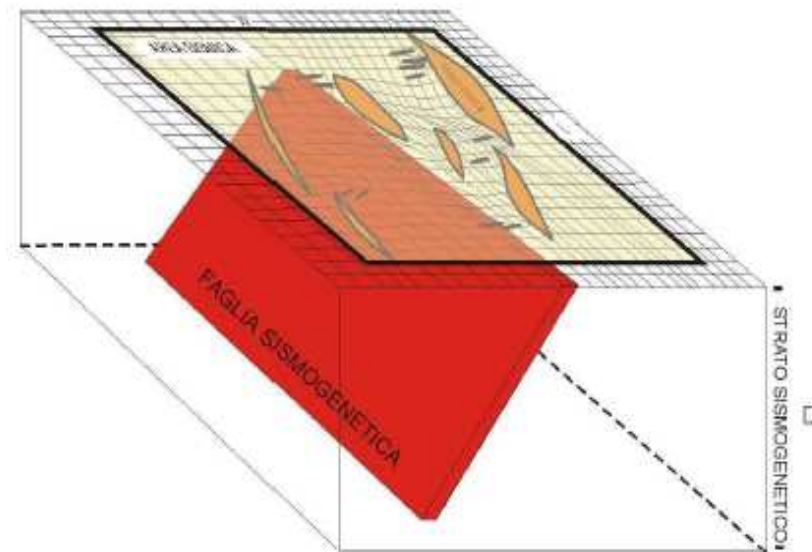
FAGLIA CAPACE POTENZIALE

che ha generato **fagliazione superficiale** precedentemente ai 20 ka, ma sempre in risposta al campo di *stress* agente correntemente nell'area

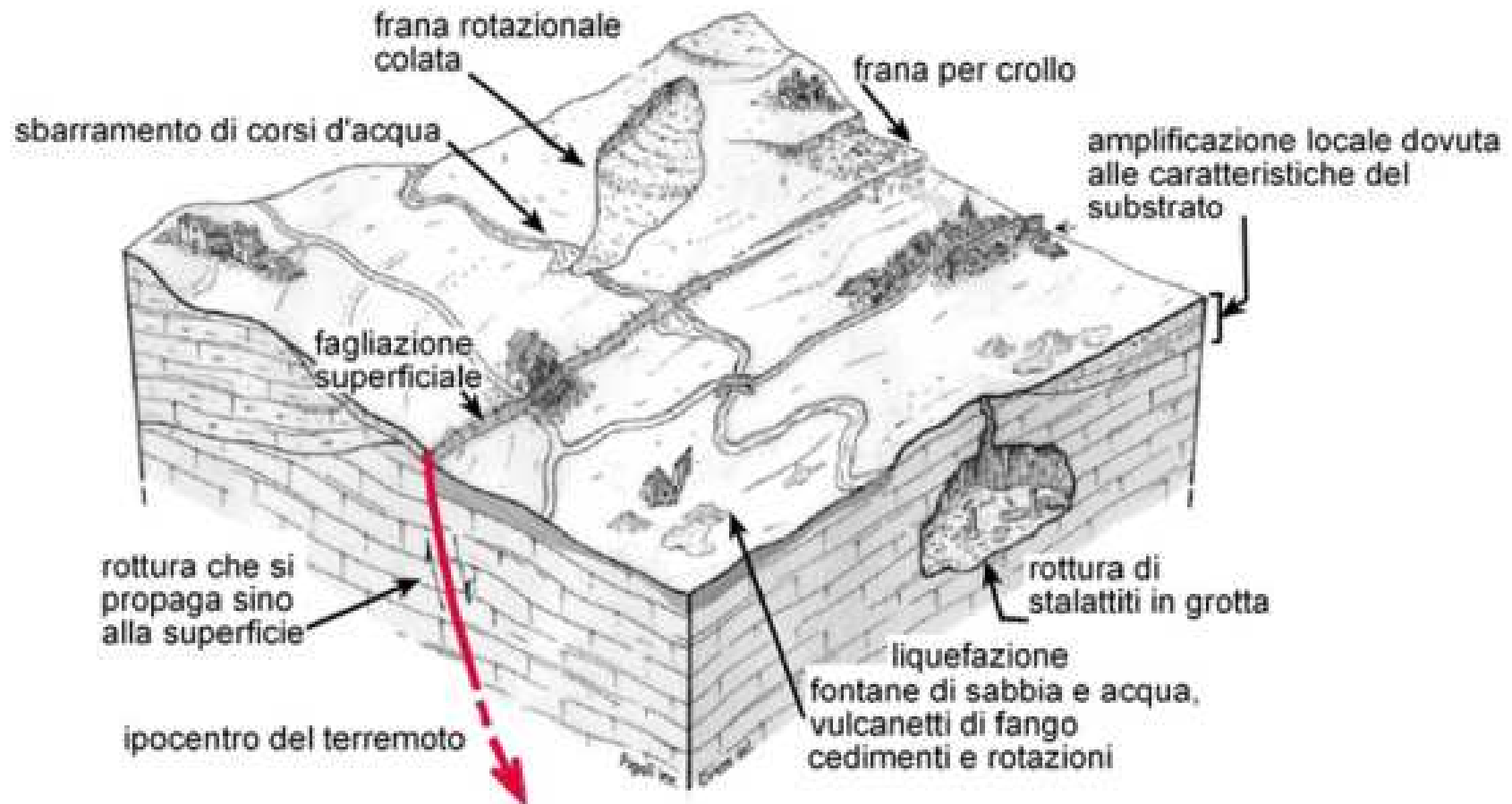
Si tratta in ogni caso di faglie la cui attività ha generato delle morfologie

STRUTTURE PROFONDE

FAGLIA SISMOGENETICA



Quando avviene un terremoto si producono *deformazioni cosismiche*, ossia deformazioni istantanee e permanenti della superficie terrestre che si diffondono su un' area ampia alcuni km² attorno alla *faglia sismogenetica*. La loro entità e tipologia dipendono dalle dimensioni e dalla geometria del piano di rottura, dalla *cinematica*, ossia dal tipo di movimento relativo dei due lembi della faglia, e dall'energia dell'evento sismico (*magnitudo*). Il movimento cosismico lungo la faglia genera sollevamenti, subsidenze e spostamenti orizzontali.



L'evoluzione delle scarpate di faglia dipende da:

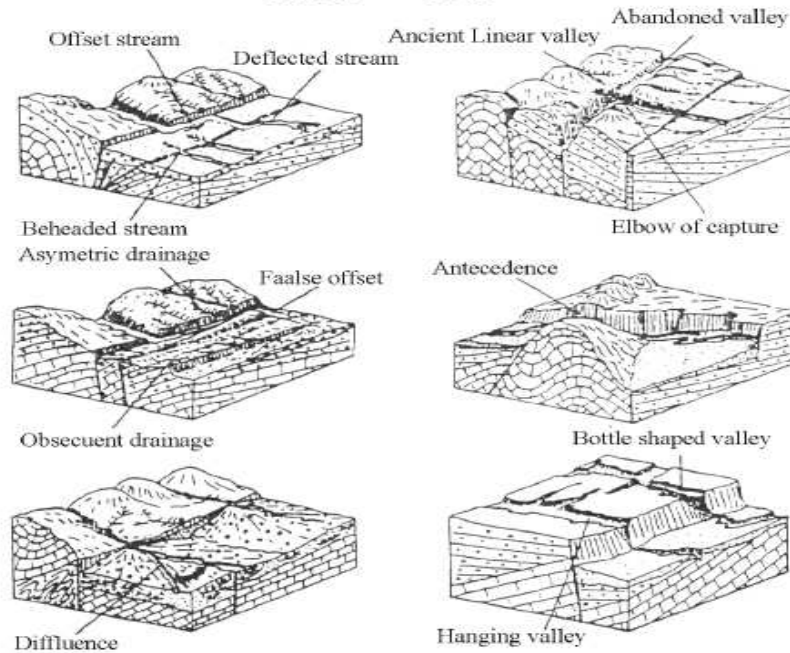
1 - l'attività della faglia (Vru)

2 - l'erosione (Ver)

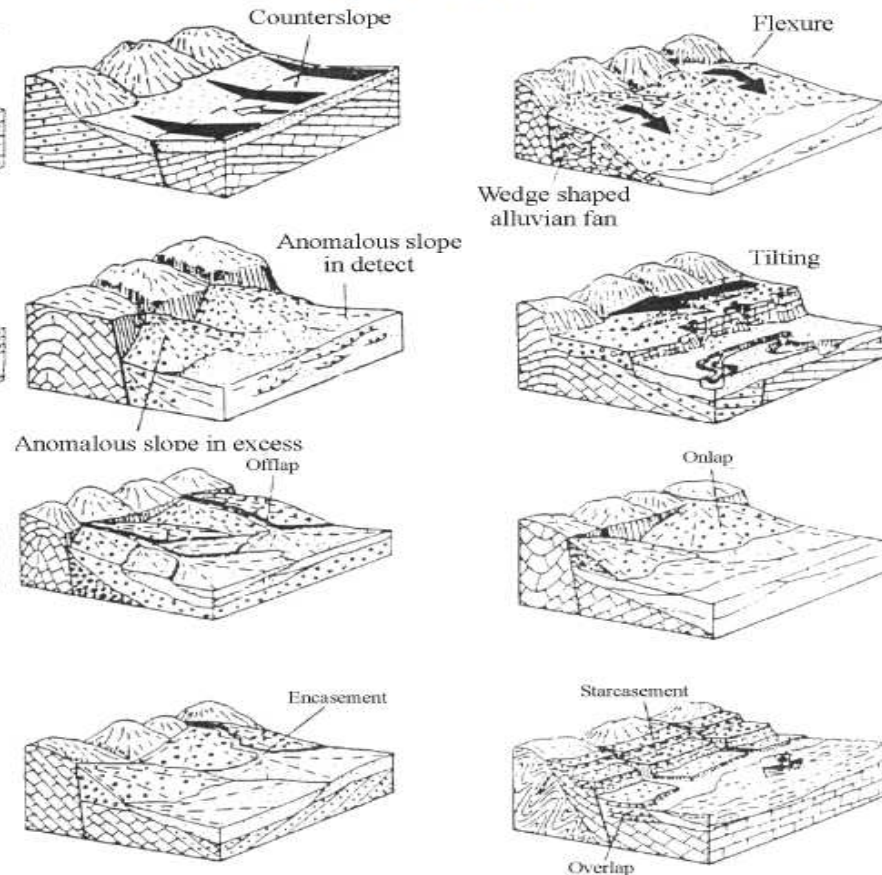
Una scarpata continua che attraversa zone con differente Ver indica un'ATTIVITA' RECENTE della faglia.

Si parla quindi di faglie ad attività NEOTETTONICA.

Vru > Ver



Vru ≈ Ver



morfostrutture e risposte geomorfologiche alla fagliazione superficiale.....

Vru = Attività della faglia

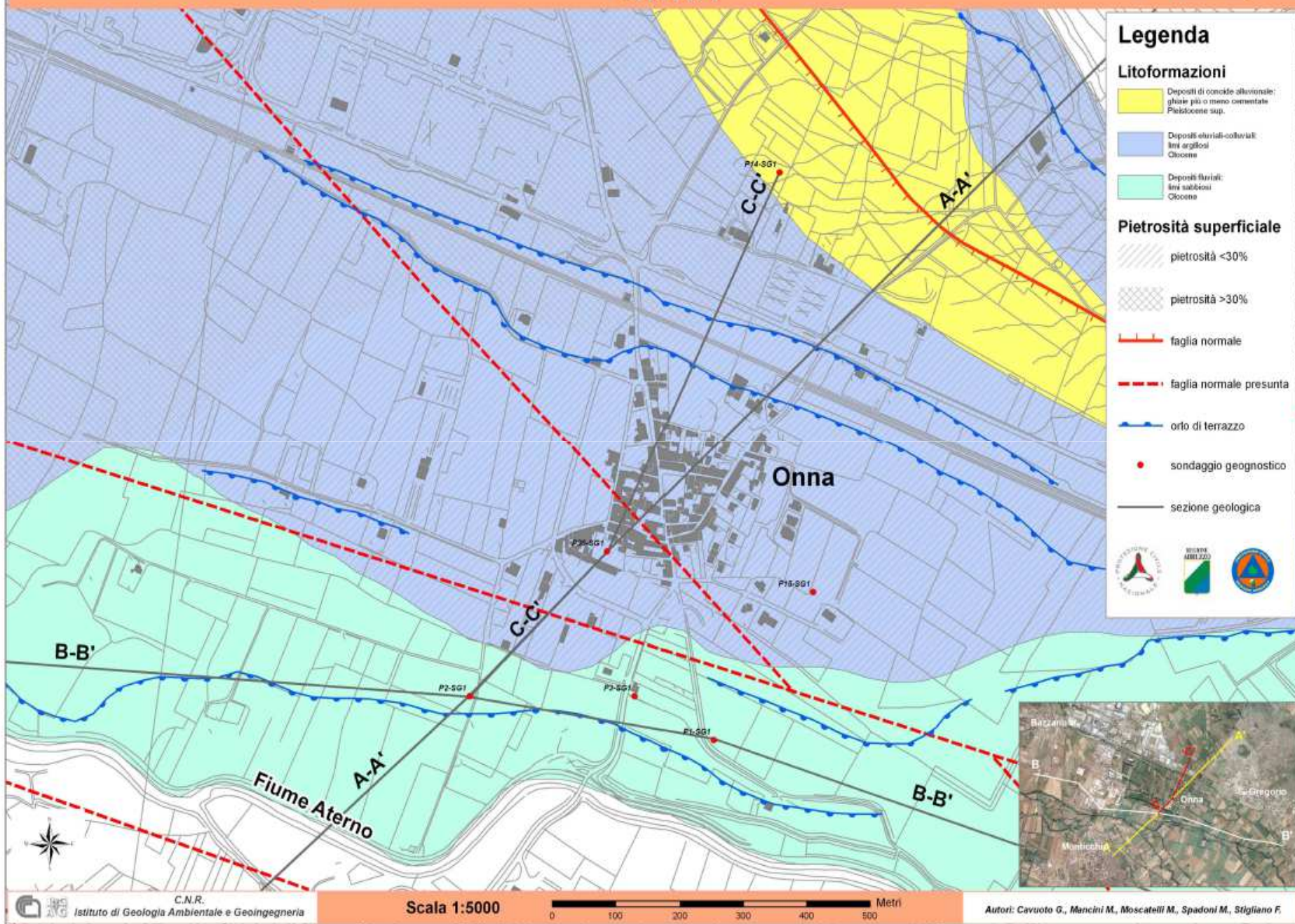
Ver = Erosione

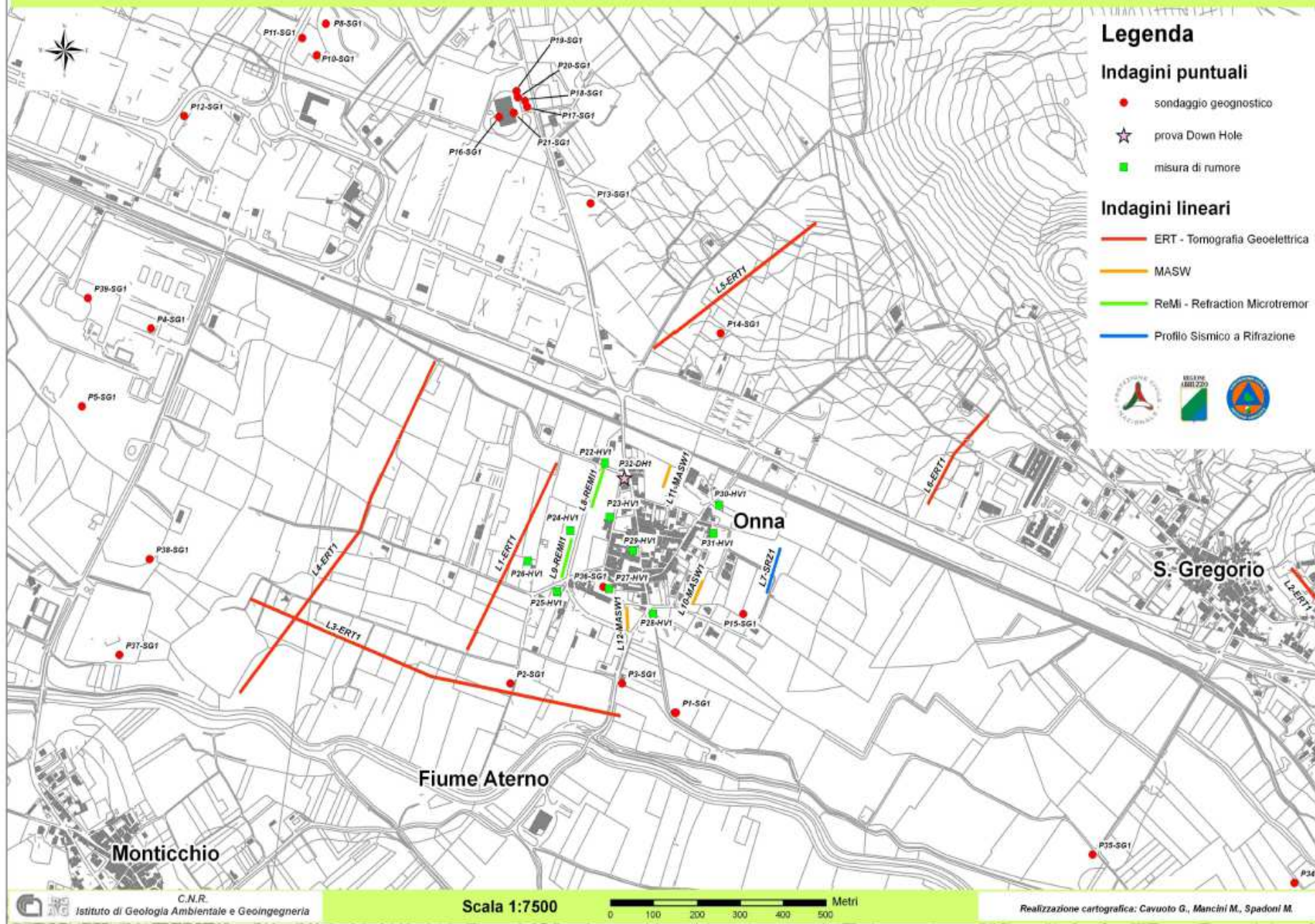
Alcuni esempi di

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

ONNA (L'Aquila)

TEMPERA (L'Aquila)





Legenda

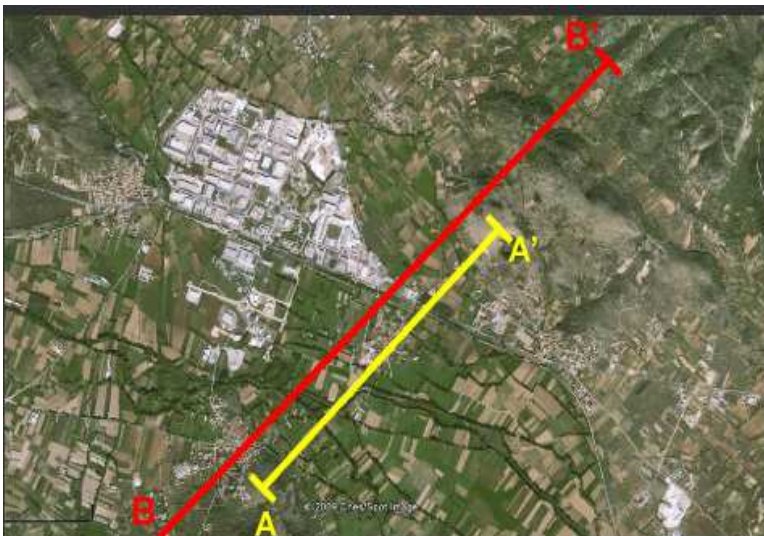
Indagini puntuali

- sondaggio geognostico
- ☆ prova Down Hole
- misura di rumore

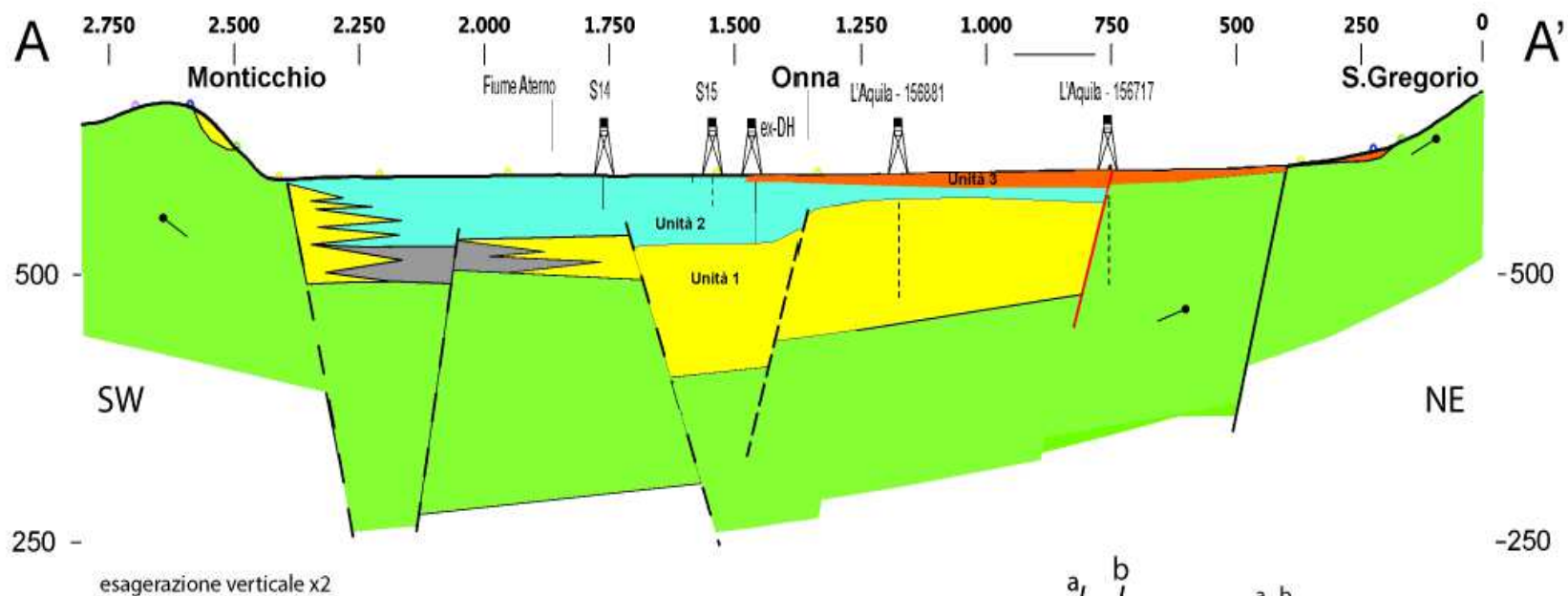
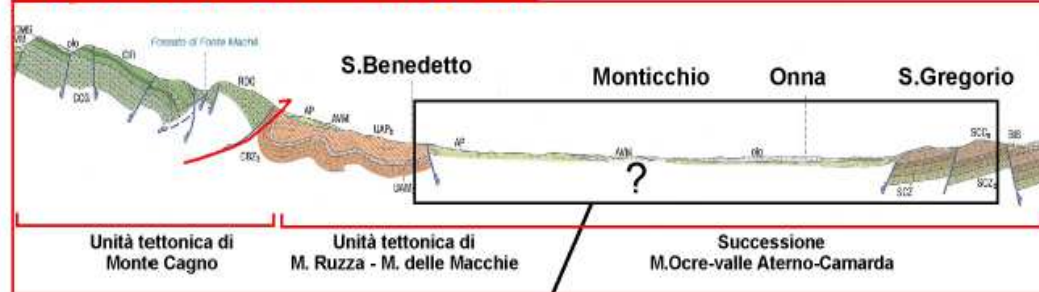
Indagini lineari

- ERT - Tomografia Geoelettrica
- MASW
- ReMi - Refraction Microtremor
- Profilo Sismico a Rifrazione





Sezione B-B' Foglio Car.G 359 "L'Aquila"



- esagerazione verticale x2
- substrato
(carbonati/flysch)
 - limi e limi
sabbiosi
 - conglomerati
e ghiaie
 - alt. ghiaie, sabbie
e limi antichi
 - limi e limi
sabbiosi
 - faglia certa,
presunta
 - sondaggio o
pozzo per acqua
 - inclinazione media
stratificazione

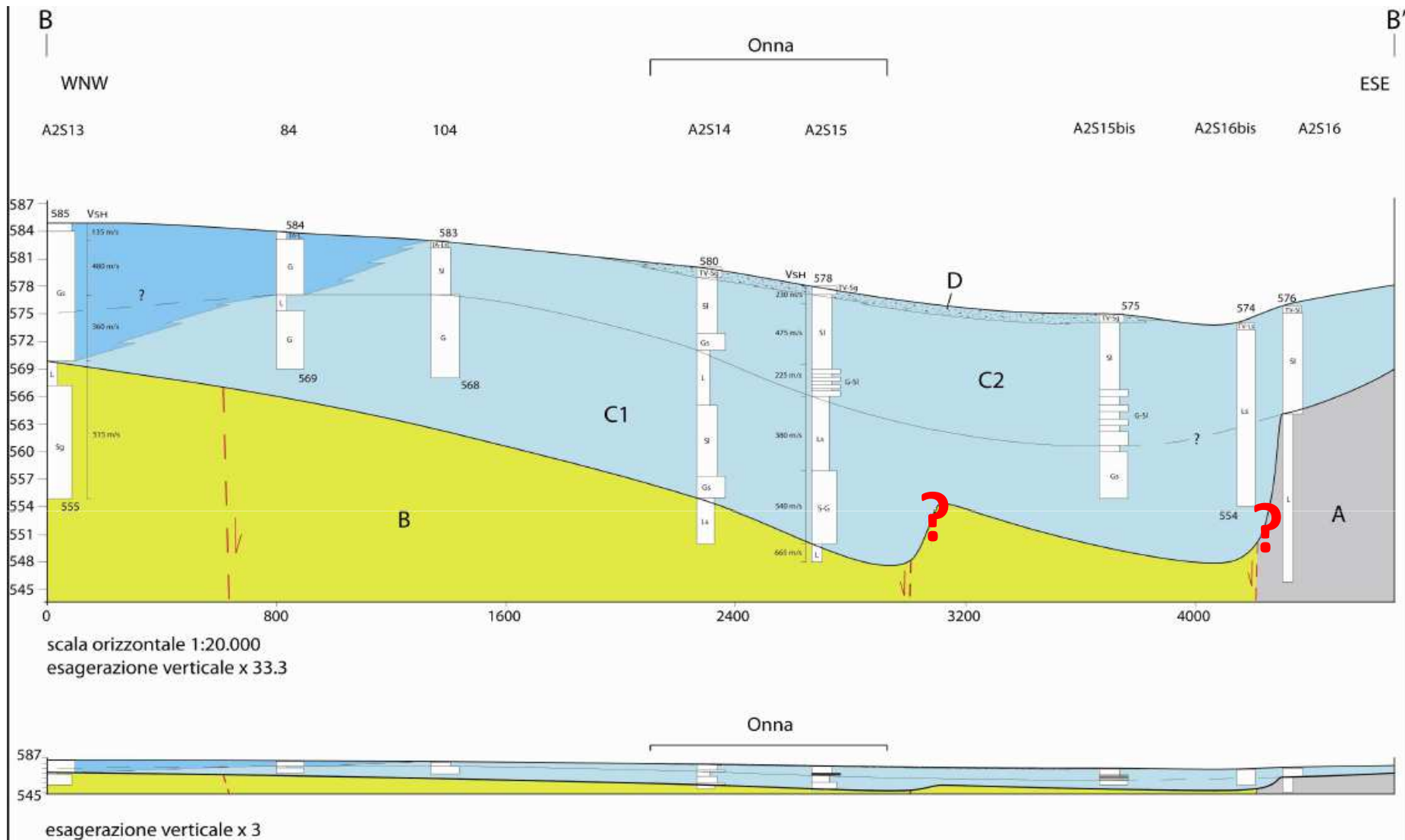
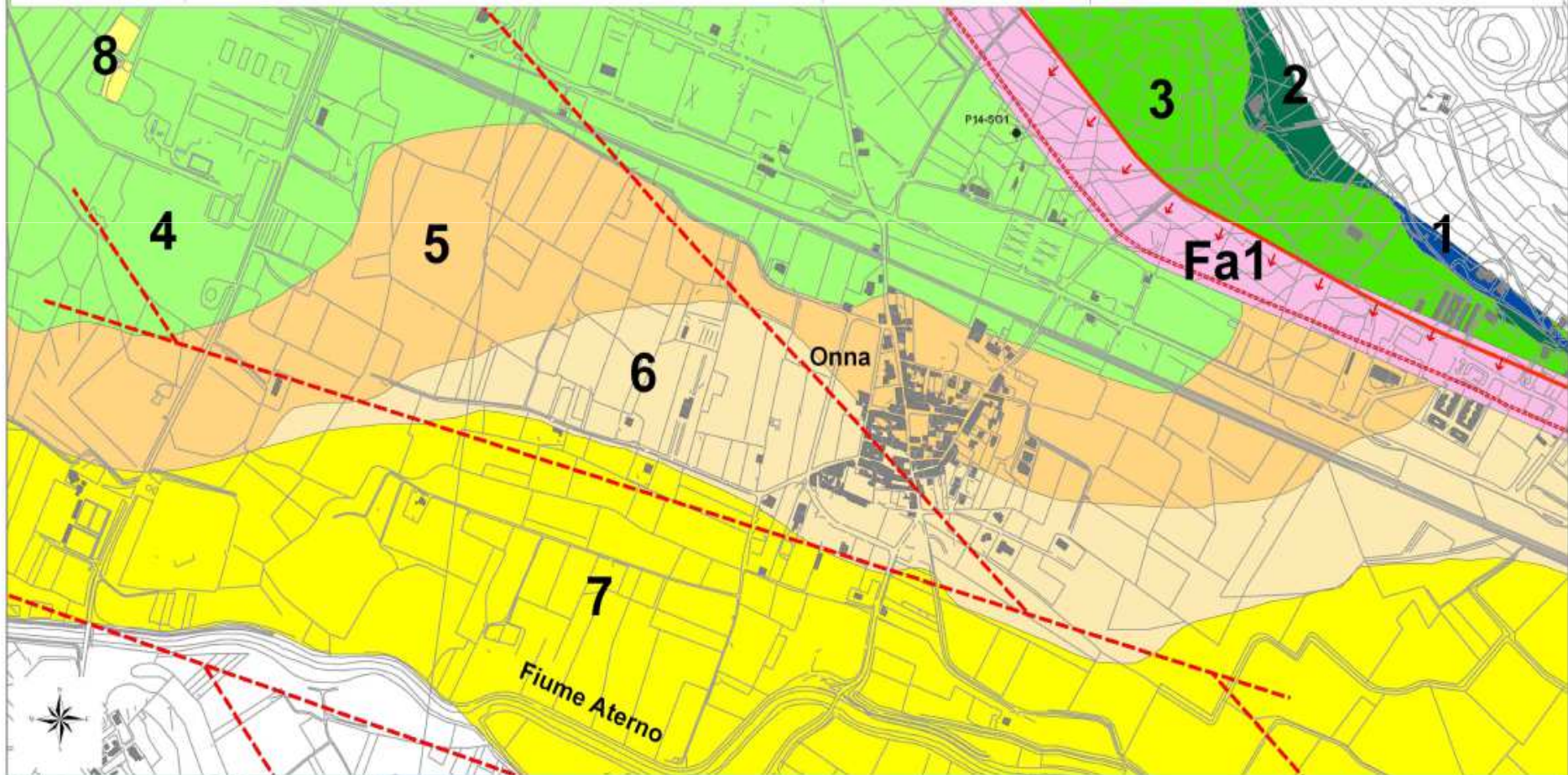


Fig. B-B': Sezione longitudinale (orientazione NNW-SSE) delle coperture alluvionali che costituiscono i depositi di riempimento del fondovalle del Fiume Aterno. In mancanza di informazioni circa l'attribuzione stratigrafica delle successioni alluvionali, in via preliminare viene proposta una stratigrafia relativa dei depositi, progressivamente più recenti dall'unità A alla D (per la descrizione vedi il testo).

Legenda. G: ghiaie; Gs: ghiaie sabbiose; Sg: sabbie ghiaiose; Sl: sabbie limose; Ls: limi sabbiosi; L: limi; TV: terreno vegetale; TA: terreno agrario. Le alternanze sono indicate con un trattino. Nella stessa figura sono riportate le VSH relative alle prove DH associate ai sondaggi A2S13 e A2S15.

Per l'ubicazione dei sondaggi, vedi la carta geologica allegata.



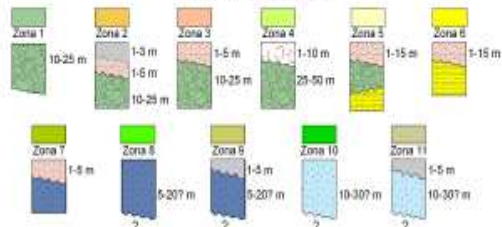


TEMPERA

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica LIVELLO 1 (scala 1:2000)

Autori: Miccadi E., Piacentini T.
Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Chieti-Pescara
Laboratorio di Geomorfologia strutturale (sito web www.geomorfologiastrutturale.unich.it)

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE PER STRATIGRAFIA



Litologia dei depositi di copertura



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

FORME DI SUPERFICIE

