

Regione Friuli Venezia Giulia
Ordine Regionale dei Geologi

Udine 20 giugno 2018

Applicazioni urbanistiche e progettuali della microzonazione sismica

Giuseppe Naso

Dipartimento della protezione civile
Servizio Rischio Sismico



La microzonazione sismica

- Le applicazioni

Pianificazione territoriale

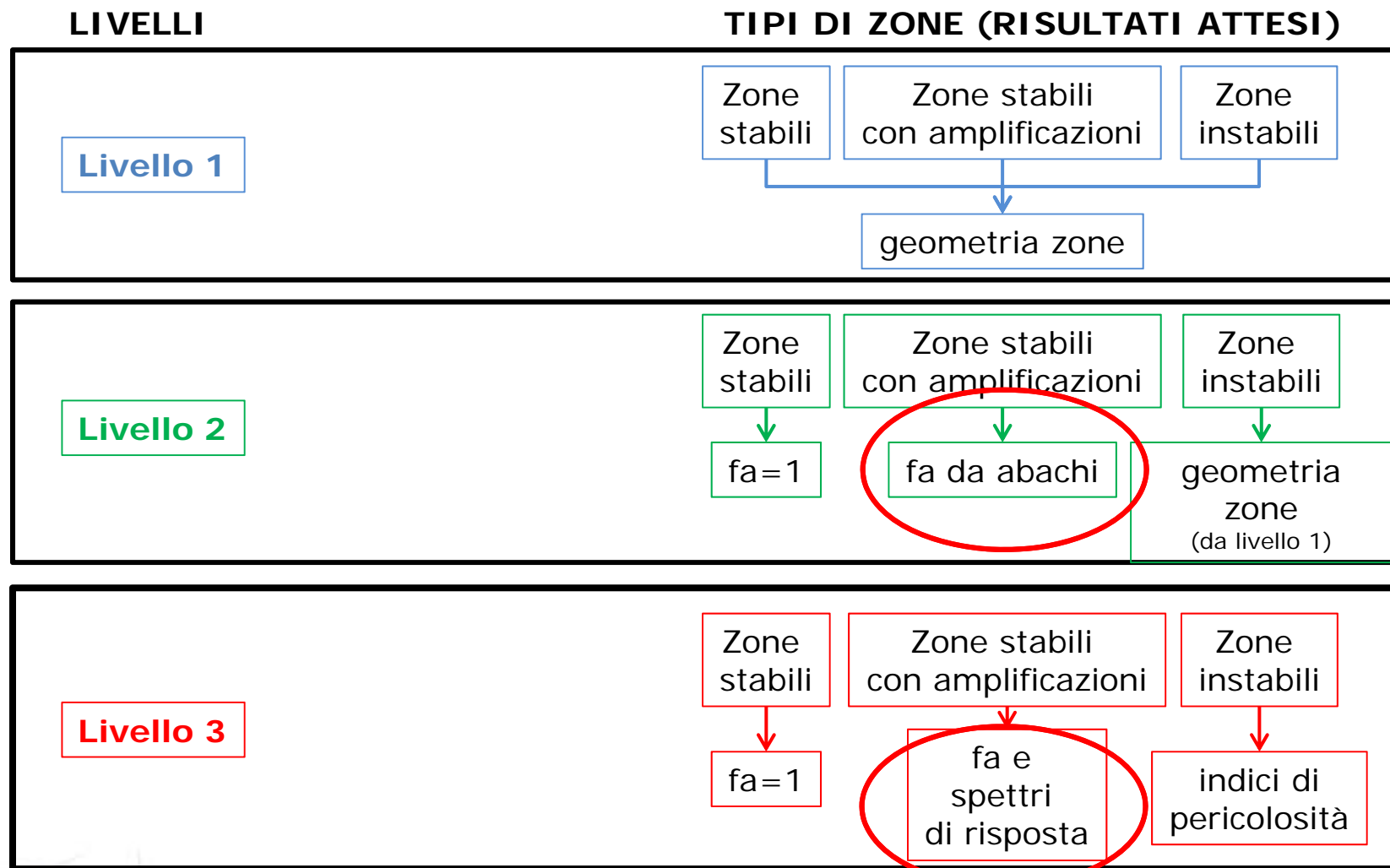
Progettazione di opere

Pianificazione dell'emergenza sismica



La microzonazione sismica

- I livelli di approfondimento



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}

Le zone stabili con amplificazione sono caratterizzate quantitativamente nei livelli di approfondimento 2 e 3.

Questi livelli consentono di associare alle zone, definite nella Carta di livello 1:

- valori dei **fattori di amplificazione, FA** (livello 2 con procedure semplificate: *abachi* e livello 3 con un rapporto tra spettri di risposta)
- **spettri di risposta** sismica in superficie (limitatamente al livello 3).



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}

Ai fini dell'utilizzazione di risultati sull'amplificazione conviene definire **periodi di interesse** in funzione del numero di piani in elevazione degli edifici da progettare o da verificare (e in prima approssimazione, con caratteristiche strutturali omogenee).

N piani	Htot[m]	T1ca[s]	T1mur[s]
1	3,3	0,18	0,12
2	6,6	0,31	0,21
3	9,9	0,42	0,28
4	13,2	0,52	0,35
5	16,5	0,61	0,41
6	19,8	0,70	0,47
7	23,1	0,79	0,53
8	26,4	0,87	0,58
9	29,7	0,95	0,64
10	33	1,03	0,69

I periodi in tabella possono essere raggruppati in **tre classi di intervalli**:

0.1-0.5 s

0.4-0.8 s

0.7-1.1 s



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}

I **fattori di amplificazione (FA)** sono espressi come il rapporto, per un determinato intervallo di periodi T , tra il moto alla superficie del sito d'interesse e il moto alla superficie di un sito di riferimento, calcolato secondo la seguente relazione:

$$FA = \frac{\int_{T_1}^{T_2} Sa \, dT}{\int_{T_1}^{T_2} Sb \, dT}$$

Dove:

- Sa è lo spettro di risposta elastico (in accelerazione) della componente orizzontale del moto sulla superficie libera al di sopra della copertura
- Sb è lo spettro di risposta elastico (in accelerazione) al sito di riferimento
- T_1 e T_2 rappresentano gli estremi dell'intervallo di periodi considerati (0.1-0.5; 0.4-0.8; 0.7-1.1)

Per le zone stabili il FA è uguale a 1.0.



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}

Si vuole costruire un parametro sismico che, a partire dai valori di **FA** calcolati negli studi di MS e la **pericolosità sismica di base** del territorio indagato, consenta di stimare il livello di pericolosità sismica delle diverse parti del territorio, permettendo anche un confronto con analoghe stime ottenute in altre aree

In particolare tale parametro sismico dovrà:

- “contenere” i FA delle carte di MS;
- permettere di stabilire una graduatoria assoluta di pericolosità sismica.

Questo parametro di pericolosità sismica è stato denominato

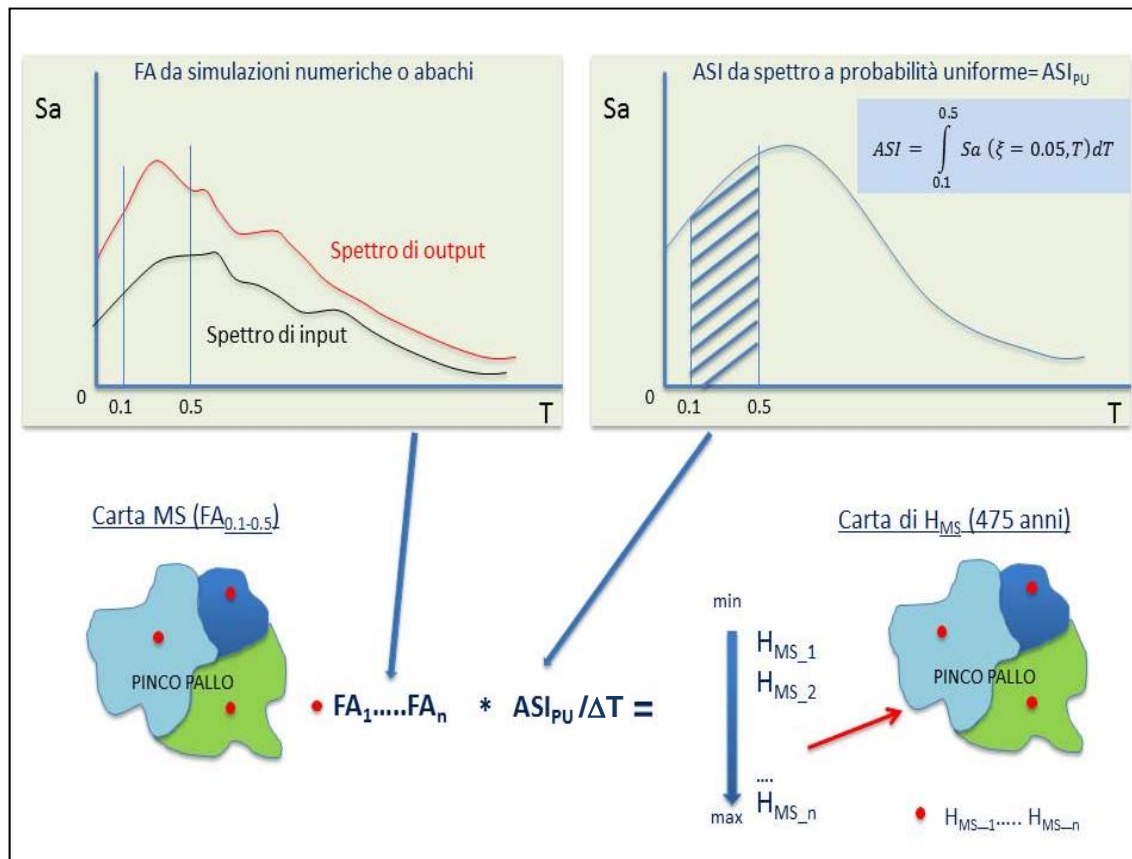


H_{MS}



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}



$$H_{MS} = ASI_{PU} * FA / \Delta T$$



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}

- Il parametro H_{MS} è rappresentativo della pericolosità sismica di una data porzione del territorio, tenendo conto dei risultati degli studi di MS.
- A partire dai valori di H_{MS} risulta possibile confrontare il livello di pericolosità di aree diverse del territorio nazionale.
- Per omogeneità con le procedure già adottate in alcune normative regionali, i valori di H_{MS} sono raggruppati in quattro classi, che in definitiva sono **6 classi di pericolosità sismica**.
- Si definiscono soglie di definizione delle classi per i valori di H_{MS} . Queste soglie distinguono pericolosità, **"Molto Bassa"**, **"Bassa"**, **"Media"**, **"Medio Alta"**, **"Alta"** e **"Molto alta"**.



La microzonazione sismica

- L'amplificazione e il parametro H_{MS}

INTERVALLI DI PERIODO		CLASSI HMS[g]					
		<i>molto bassa</i>	<i>bassa</i>	<i>media</i>	<i>medio alta</i>	<i>alta</i>	<i>molto alta</i>
HMS_T1	0,1-0,5s [1-4 piani]	<0,21	0,21-0,33	0,34-0,53	0,54-0,84	0,85-1,32	>1,32
HMS_T2	0,4-0,8s [3-6 piani]	<0,14	0,15-0,22	0,23-0,34	0,35-0,54	0,54-0,86	>0,86
HMS_T3	0,7-1,1s [5-8 piani]	<0,09	0,09-0,14	0,15-0,22	0,23-0,35	0,36-0,56	>0,56
GRUPPI DI TIPOLOGIE	TIPOLOGIA DI STRUTTURA	GRADO DI DANNO ATTESO (SCALA EMS98)					
G1 (V2-V3)	Pareti in c.a. duttilità alta	<i>Leggero</i>	<i>Leggero</i>	<i>Leggero</i>	<i>Leggero</i>	<i>Leggero</i>	<i>Moderato</i>
	Telai c.a. con duttilità alta				<i>Moderato</i>	<i>Moderato</i>	<i>Grave</i>
	Pareti in c.a. con duttilità moderata				<i>Moderato</i>	<i>Grave</i>	<i>Molto grave</i>
	Muratura rinforzata e/oconfinata						
	Telai c.a. con duttilità moderata						
G2 (V4)	Pareti in c.a. senza progettazione sismica		<i>Leggero</i>	<i>Moderato</i>	<i>Grave</i>	<i>Molto grave</i>	<i>Gravissimo</i>
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali						
	Muratura di mattoni e solai dirigidità elevata						
G3 (V5-V6)	Telai c.a. senza progettazione sismica			<i>Moderato</i>	<i>Grave</i>	<i>Molto grave</i>	<i>Gravissimo</i>
	Muratura di pietra sbazzata						
	Muratura di mattoni e pietra lavorata						
	Muratura di mattoni di terracuda (adobe)						
	Muratura di pietra senzalegante (a secco)						



La microzonazione sismica

- Il parametro H_{MS} e le applicazioni urbanistiche

Comune di Spoleto

Pericolosità di base = $ASl_{0,1-0,5}/0,4 = 0,48 \text{ g}$ - Classe media



Pericolosità	molto bassa	bassa	media	medio-alta	alta
$H_{MS}[g]$	<0,21	0,21-0,33	0,34-0,53	0,54-0,84	0,55-1,32



La microzonazione sismica

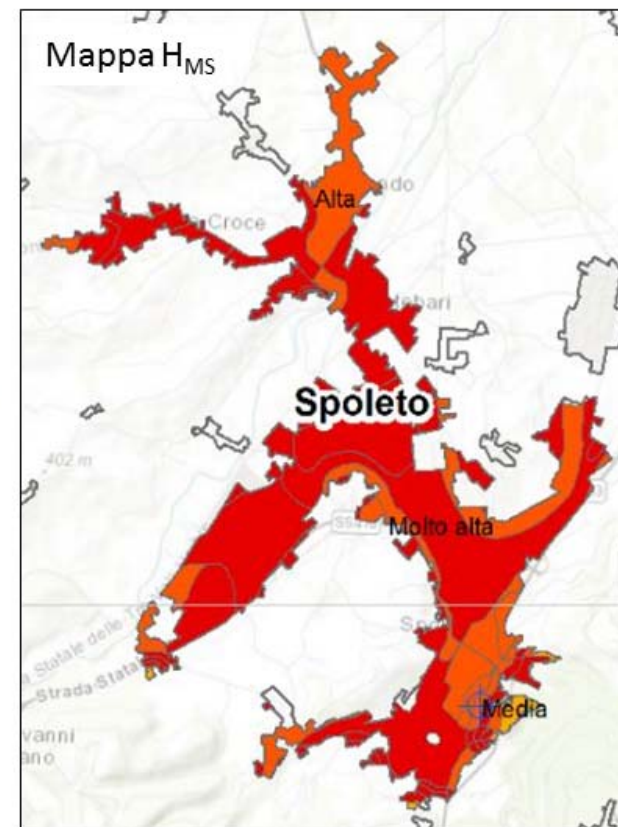
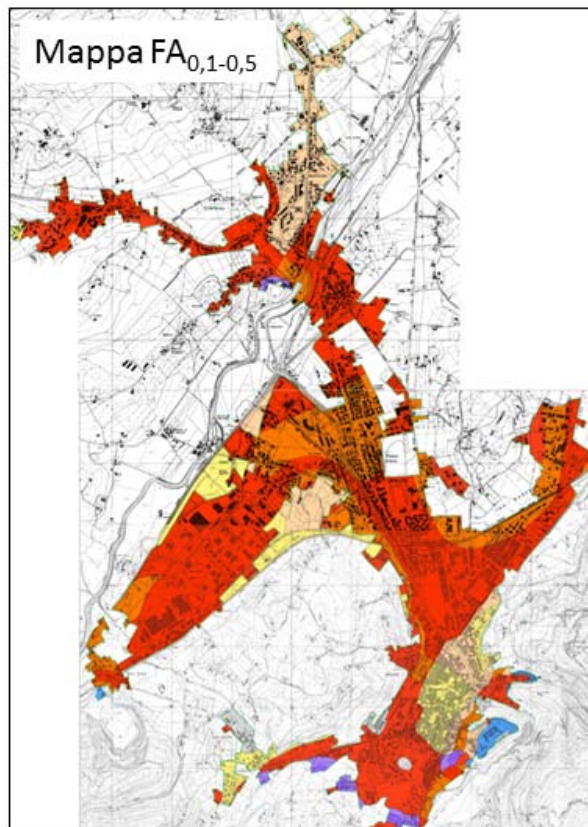
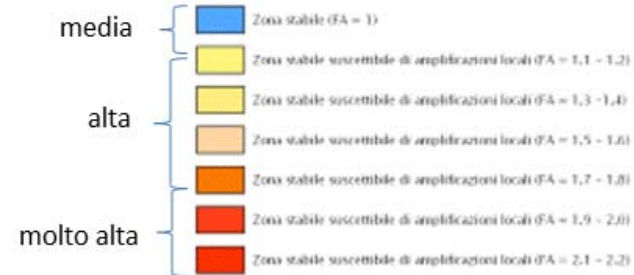
- Il parametro H_{MS} e le applicazioni urbanistiche

SPOLETO

Pericolosità di base = $ASl_{0,1-0,5}/0,4 = 0,48 g$ classe media

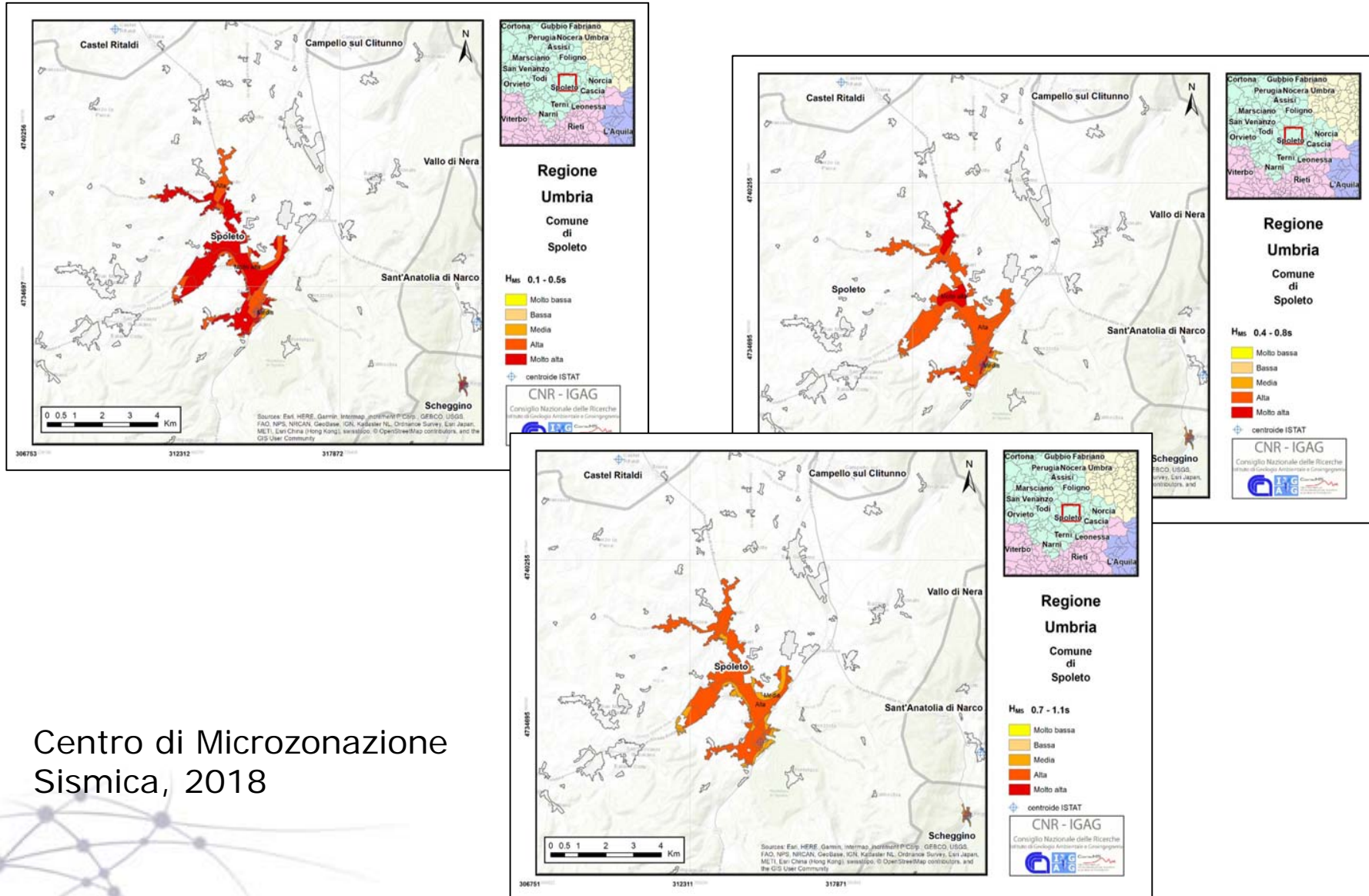
Per passare in classe alta $FA \geq 1,14$

Per passare in classe molto alta $FA \geq 1,77$



La microzonazione sismica

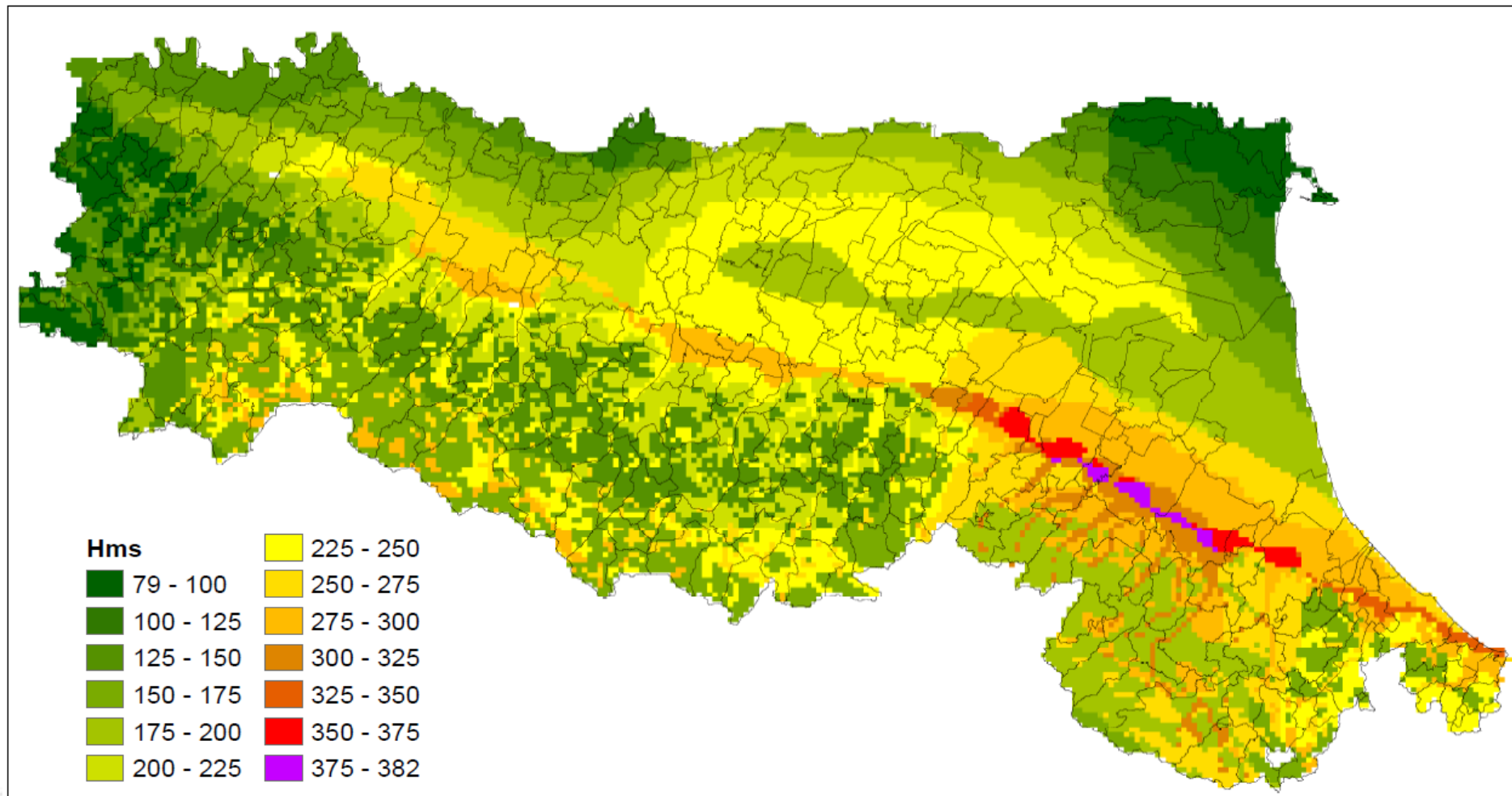
- Il parametro H_{MS} e le applicazioni urbanistiche



Centro di Microzonazione Sismica, 2018

La microzonazione sismica

- Il parametro H_{MS} e le applicazioni urbanistiche

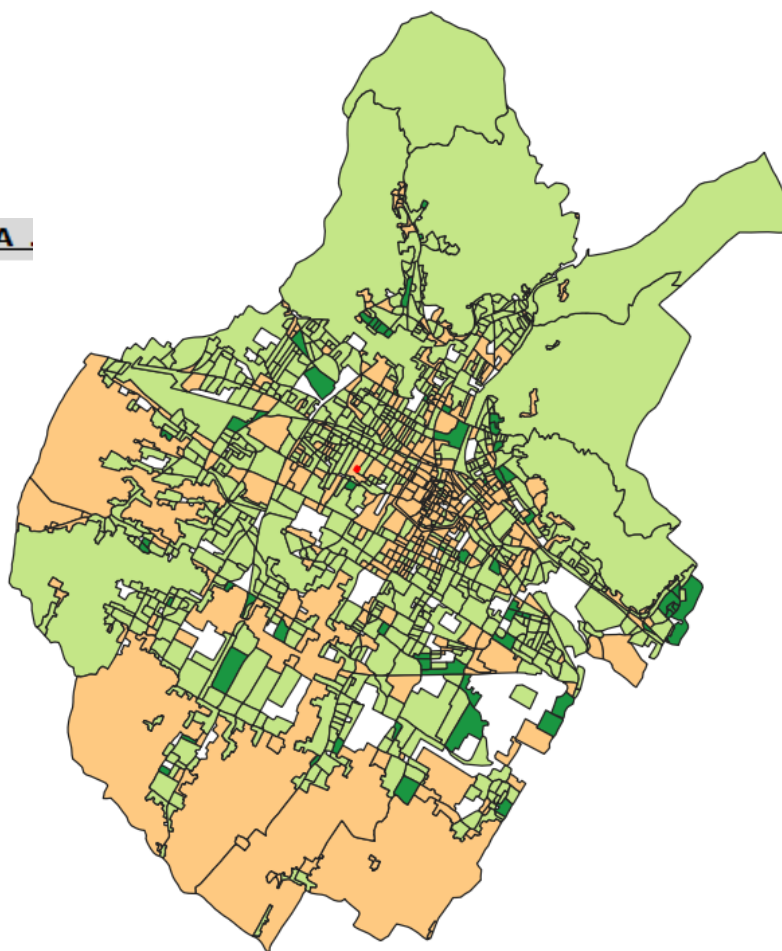
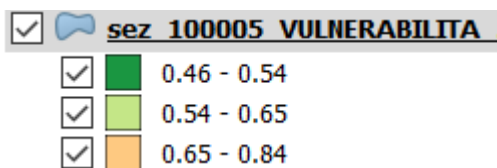


Da Martelli e Ercolessi, 2017

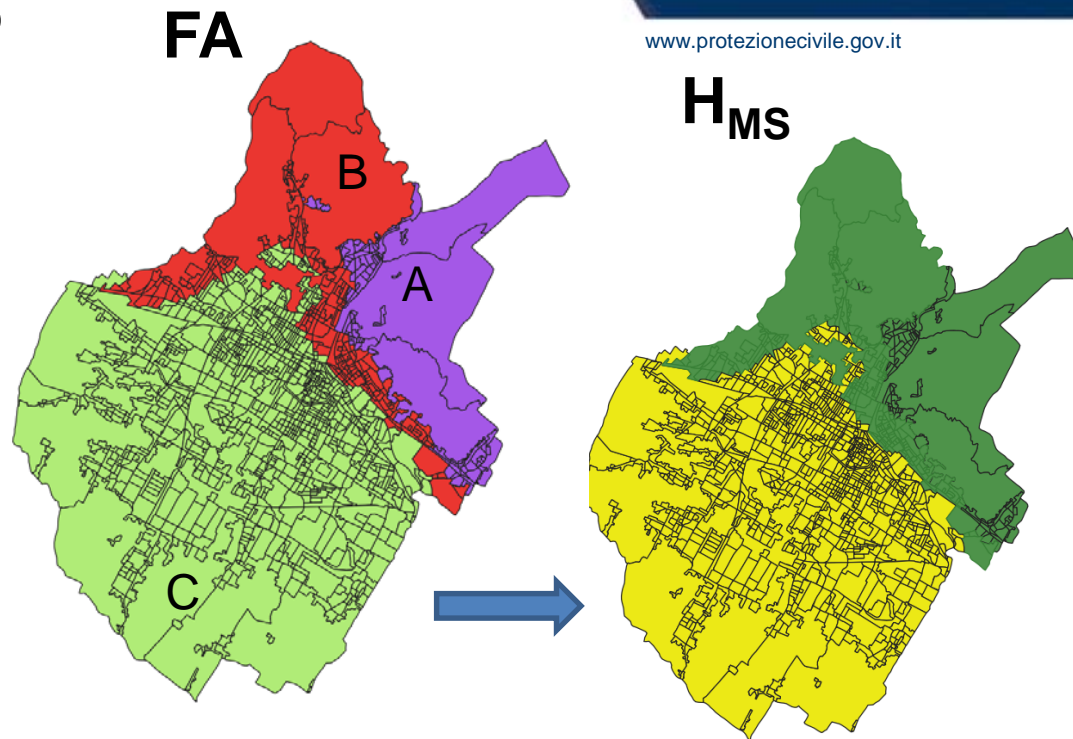
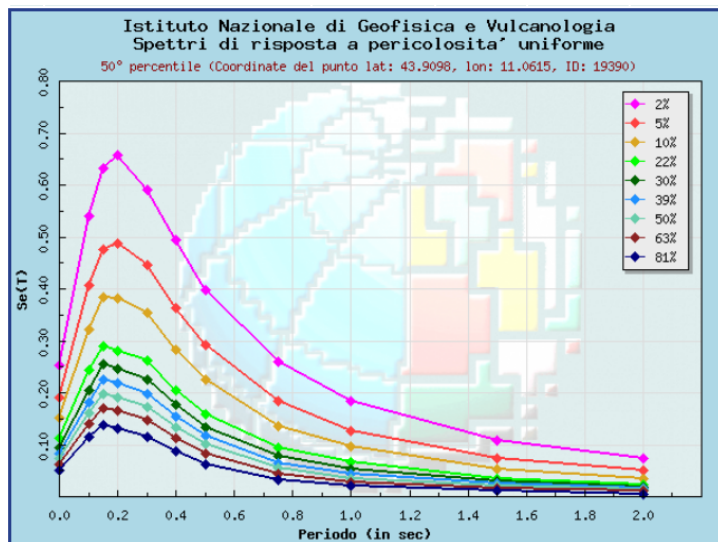
La microzonazione sismica

- Il parametro H_{MS} e le applicazioni urbanistiche
Esempio di Prato

(con il contributo della Regione Toscana e di Prato Ricerche)



Esempio di Prato

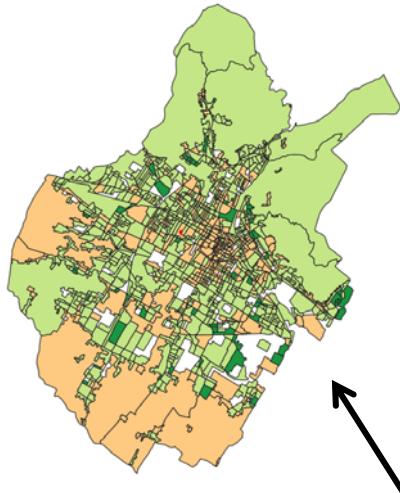


HMS[g]		
suolo A	suolo B	suolo C
0,28	0,34	0,42

CLASSE HMS[g]					
<i>molto bassa</i>	<i>bassa</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>	<i>molto alta</i>	<i>altissima</i>
<0,22	0,22-0,35	0,36-0,54	0,55-0,85	0,86-1,04	>1,04

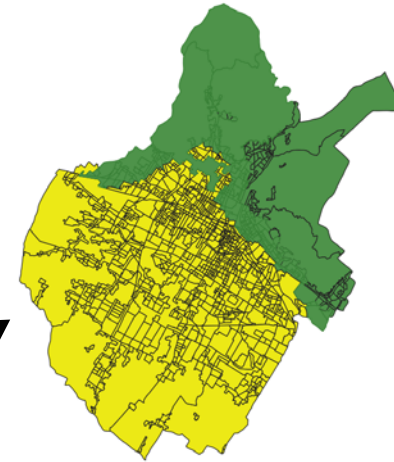


Esempio di Prato



$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.25V - 13.1}{Q} \right) \right]$$

Lagormasino e Giovinazzi, 2006



CLASSE VULNERABILITA'	INDICE V MEDIO	CLASSE HMS[g]					
		<i>molto bassa</i>	<i>bassa</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>	<i>molto alta</i>	<i>altissima</i>
		<0,22	0,22-0,35	0,36-0,54	0,55-0,85	0,86-1,04	>1,04
V2	0,224	✓ 0,0	✓ 0,1	✓ 0,2	✓ 0,4	✓ 0,9	⚠ 1,8
	0,324	✓ 0,1	✓ 0,1	✓ 0,3	✓ 0,7	⚠ 1,4	⚠ 2,4
V3	0,384	✓ 0,1	✓ 0,2	✓ 0,4	✓ 0,9	⚠ 1,8	⚠ 2,8
	0,451	✓ 0,1	✓ 0,3	✓ 0,6	⚠ 1,2	⚠ 2,2	✗ 3,3
V4	0,484	✓ 0,1	✓ 0,3	✓ 0,7	⚠ 1,4	⚠ 2,4	✗ 3,5
	0,544	✓ 0,2	✓ 0,4	✓ 0,9	⚠ 1,8	⚠ 2,8	✗ 3,8
	0,616	✓ 0,3	✓ 0,6	⚠ 1,3	⚠ 2,2	✗ 3,3	✗ 4,1
V5	0,616	✓ 0,3	✓ 0,6	⚠ 1,3	⚠ 2,2	✗ 3,3	✗ 4,1
	0,644	✓ 0,3	✓ 0,7	⚠ 1,4	⚠ 2,4	✗ 3,5	✗ 4,2
	0,74	✓ 0,5	⚠ 1,1	⚠ 2,0	✗ 3,1	✗ 4,0	✗ 4,5
V6	0,74	✓ 0,5	⚠ 1,1	⚠ 2,0	✗ 3,1	✗ 4,0	✗ 4,5
	0,873	✓ 1,0	⚠ 1,8	⚠ 2,9	✗ 3,8	✗ 4,4	✗ 4,7



La microzonazione sismica

- Utilizzo dei risultati di MS per la progettazione di opere: da H_{MS} agli spettri di risposta
- Con riferimento a quanto indicato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008), gli studi di MS di livello 3 possono fornire utili **indicazioni per la progettazione** delle nuove costruzioni e degli interventi sulle costruzioni esistenti.
- I risultati degli studi di MS di livello 3, infatti, possono essere di supporto e di indirizzo agli studi di risposta sismica locale, per valutazioni, sotto l'esclusiva responsabilità del progettista:
 - ✓ sulla **possibilità o meno di utilizzare l'approccio semplificato**
 - ✓ su eventuali amplificazioni che coinvolgano **volumi di sottosuolo più estesi rispetto al volume significativo interessato dalle fondazioni** (es. aree di versante, substrato sismico articolato, valle stretta, ecc.).



H_{MS}



Spettro di risposta

La microzonazione sismica

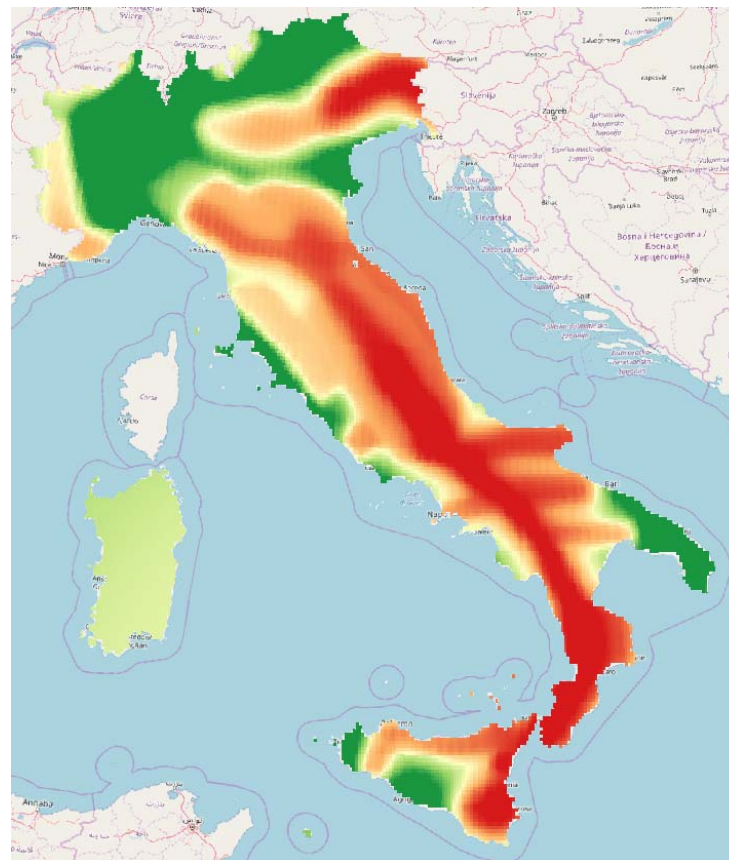
- Utilizzo dei risultati di MS per la progettazione di opere: da H_{MS} agli spettri di risposta

INTERVALLI DI PERIODO		CLASSI HMS[g]						
		<i>molto bassa</i>	<i>bassa</i>	<i>media</i>	<i>medio alta</i>	<i>alta</i>	<i>molto alta</i>	
HMS_T1	0,1-0,5s [1-4 piani]	<0,21	0,21-0,33	0,34-0,53	0,54-0,84	0,85-1,32	>1,32	
HMS_T2	0,4-0,8s [3-6 piani]	<0,14	0,15-0,22	0,23-0,34	0,35-0,54	0,54-0,86	>0,86	
HMS_T3	0,7-1,1s [5-8 piani]	<0,09	0,09-0,14	0,15-0,22	0,23-0,35	0,36-0,56	>0,56	
GRUPPI DI TIPOLOGIE	TIPOLOGIA DI STRUTTURA	TIPO DI APPROCCIO						
G1 (V2-V3)	Pareti in c.a. duttilità alta	APPROCCIO SEMPLIFICATO			ANALISI SPECIFICHE (RSL)			
	Telai c.a. con duttilità alta							
	Pareti in c.a. con duttilità moderata							
	Muratura rinforzata e/oconfinata							
	Telai c.a. con duttilità moderata							
G2 (V4)	Pareti in c.a. senza progettazione sismica	ANALISI SPECIFICHE (RSL)						
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali							
	Muratura di mattoni e solai dirigidezza elevata							
	Telai c.a. senza progettazione sismica							
G3 (V5-V6)	Muratura di pietra sbozzata	ANALISI SPECIFICHE (RSL)						
	Muratura di mattoni e pietra lavorata							
	Muratura di mattoni di terracuda (adobe)							
	Muratura di pietra senzalegante (a secco)							

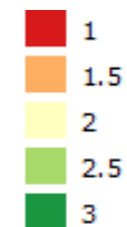


La microzonazione sismica

- Utilizzo dei risultati di MS per la progettazione di opere: da H_{MS} agli spettri di risposta



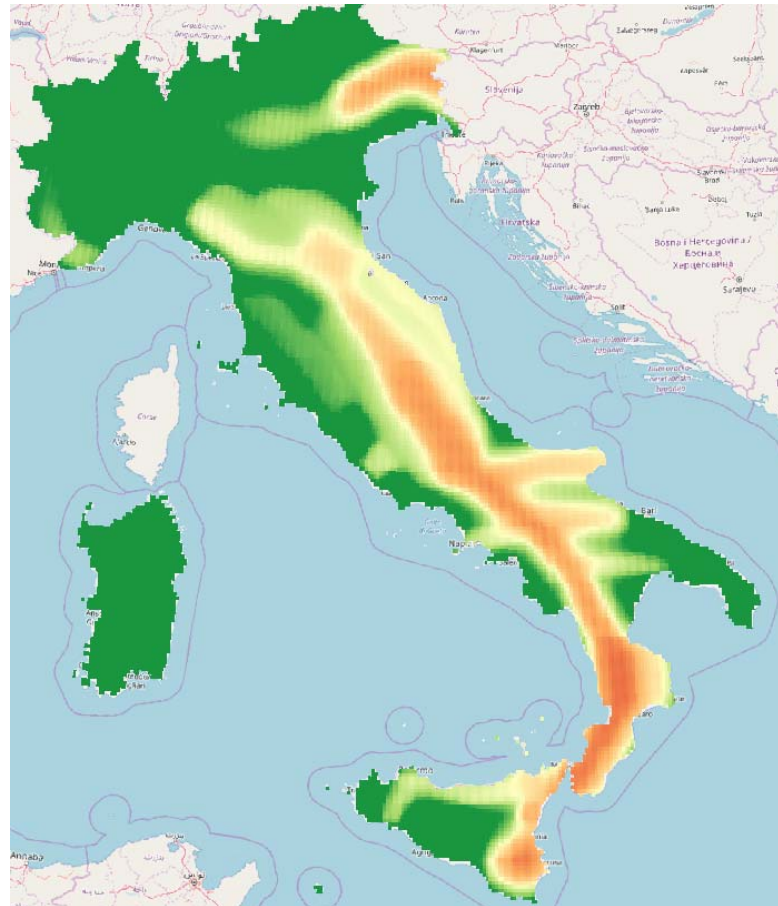
HMS
T1 (0.1-0.5)
G3 (Muratura scarsa)



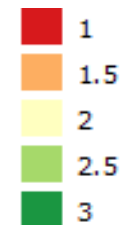
FA discriminante, al di sopra del quale si deve utilizzare la RSL e non l'approccio semplificato

La microzonazione sismica

- Utilizzo dei risultati di MS per la progettazione di opere: da H_{MS} agli spettri di risposta



HMS
T1 (0.1-0.5)
G2 (Buona Muratura)



FA discriminante, al di sopra del quale si deve utilizzare la RSL e non l'approccio semplificato

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Giuseppe Naso

Dipartimento della protezione civile

www.protezionecivile.it – giuseppe.naso@protezionecivile.it