

## I dati CARG e il governo del territorio: l'esempio della definizione della pericolosità locale per la riduzione del rischio sismico

*CARG data and territory government: the example of the definition of the local hazard for the seismic risk reduction*

MARTELLI L. (\*)

**ABSTRACT** – The local stratigraphic and morphological conditions can modify the seismic motion at the surface, determining local effects, i.e. amplification and instability phenomena.

Therefore, the knowledge of the geological features is fundamental to apply effective strategies of reduction of the seismic risk.

From the geological maps, surveyed and organized according to the CARG criteria, it is possible, through GIS, to elaborate in quick way and with contained costs maps of the local seismic hazard in which areas susceptible of local effects are highlighted.

These maps find application in all the territory government phases: from the earliest planning stages, to the design and to the activities of Civil Protection too.

**PAROLE CHIAVE:** banca dati CARG, cartografia geologica, effetti locali, governo del territorio, pericolosità sismica.

**KEY WORDS:** CARG data base, geological mapping, local effects, seismic hazard, territory government.

### 1. – PREMESSA

È noto che i risentimenti alla superficie di un terremoto dipendono anche dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche locali.

Il comportamento del terreno in caso di even-

to sismico definisce la “risposta sismica locale” (RSL). Un elevato contrasto di impedenza sismica (1) tra un deposito superficiale, ad esempio un deposito alluvionale o una coltre detritica di versante (che spesso costituiscono terreni di fondazione), e il suo substrato può determinare una variazione in ampiezza, frequenza e durata del moto sismico al passaggio delle onde dal substrato al deposito superiore. Queste variazioni possono produrre modificazioni temporanee e permanenti dell'ambiente (“effetti locali”).

La modificazione di maggiore interesse è l'amplificazione del moto nel deposito superficiale, che termina quando cessa il terremoto (deformazione reversibile, temporanea). In presenza di terreni granulari sciolti o poco addensati, di terreni coesivi poco consistenti o di coltri detritiche su pendii acclivi, il moto sismico, in particolare se amplificato, può causare anche fenomeni di instabilità (frane, liquefazione, densificazione, ...) che causano deformazioni permanenti del paesaggio come cedimenti e spostamenti.

Un terremoto di elevata magnitudo, e/o molto prossimo alla superficie, può provocare anche fagliazione superficiale, cioè deformazioni di taglio dannose per gli edifici e le infrastrutture.

(\*) Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli

(1) Impedenza sismica  $I = \rho_B V_{SB} / \rho_S V_{SS}$  dove  $\rho_B$  e  $V_{SB}$  sono rispettivamente la densità e la velocità delle onde S del substrato (*bedrock*) e  $\rho_S$  e  $V_{SS}$  la densità e la velocità delle onde S del deposito soprastante

Per questi motivi da vari anni, le normative nazionali e regionali per la riduzione del rischio sismico richiedono che, prima in ambito di pianificazione territoriale e urbanistica poi per la progettazione e la realizzazione di opere, siano adeguatamente considerate le condizioni geologiche e morfologiche locali e che le scelte e gli interventi siano compatibili con la pericolosità sismica locale.

## 2. – INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Da quanto sopra è quindi evidente l'importanza delle conoscenze geologiche per la migliore definizione della pericolosità sismica locale.

La Regione Emilia-Romagna, con deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007, ha approvato indirizzi per la microzonazione sismica in Emilia-Romagna, in cui sono indicate alcune procedure per la definizione della pericolosità sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio da applicarsi nelle varie fasi della pianificazione urbanistica previste dalla LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" (BURER, 2007).

Questi indirizzi prevedono che gli studi di microzonazione sismica siano realizzati secondo diversi livelli di approfondimento, in funzione della pericolosità sismica locale e del valore espositivo dell'intervento da realizzare.

In particolare, il primo livello di approfondimento prevede l'individuazione delle condizioni geologiche e topografiche in grado di determinare effetti locali.

In tabella 1 sono elencati i principali elementi stratigrafici e topografici che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna.

I depositi elencati in tabella 1 sono facilmente individuabili dalle carte geologiche rilevate a scala di dettaglio (almeno 1:10.000) secondo criteri di descrizione e classificazione delle unità cartografiche che tengano conto della litologia, granulometria, genesi e grado di attività dei processi geologici e morfologici.

### 2.1. – PROCEDURA PROPOSTA

In figura 1 è schematizzata la procedura proposta dalla direttiva della Regione Emilia-Romagna per la realizzazione di carte delle aree suscettibili di effetti locali da dati preesistenti (vedi anche MARTELLI *et alii*, 2006; MANICARDI & MARTELLI, 2007).

Tab. 1 - *Condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da Allegato A1, Delibera Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna 112/2007).*

- Geological and morphological features which can determine local effects in Emilia-Romagna (from Annex A1, Deliberation of the Legislative Assembly of the Emilia-Romagna Region n.112/2007).

Effetto atteso: **AMPLIFICAZIONE**

**Depositi (spessore uguale o maggiore di 5 m):**

- a) detriti di versante (di frana, di falda, eluvio-colluviali, depositi morenici, depositi da geliflusso, ...)
- b) detriti di conoide alluvionale
- c) depositi alluvionali
- d) accumuli detritici pedemontani (falde di detrito e coni di deiezione)
- e) depositi fluvio-lacustri
- f) riporti antropici
- g) rocce del substrato alterate e/o intensamente fratturate
- h) litotipi del substrato costituiti da argille poco o mediamente consistenti e da sabbie poco cementate (litotipi caratterizzati da Vs indicativamente minore di 750±800 m/s)

**Elementi morfologici (cfr. EC8):**

- creste, cocuzzoli, dorsale allungate e versanti con acclività maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 m

Effetti attesi: **AMPLIFICAZIONE E CEDIMENTI**

- Depositi granulari fini sciolti, nei primi 20 m da p.c., con profondità media stagionale del tetto della falda acquifera minore di 15 m da p.c. (**fattori predisponenti al rischio di liquefazione e densificazione**)
- **Depositi (spessore uguale o maggiore di 5 m) con caratteristiche geo-meccaniche scadenti:** terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT minore di 15 o cu minore di 70 kpa o Vs30 minore di 180 m/sec
- Zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse (comportamenti differenziali)
- Cavità sepolte (possibili comportamenti differenziali)

Effetto atteso: **INSTABILITÀ DEI VERSANTI**

- Zone instabili: **zone direttamente interessate da fenomeni franosi attivi**
- **Zone potenzialmente instabili:** zone in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (pendii con acclività maggiore di 15° costituiti da accumuli detritici incoerenti o da terreni prevalentemente argillosi o intensamente fratturati; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; zone prossime a frane attive; scarpate subverticali; aree detritiche prossime a orli di scarpata)

Le carte 1:10.000 rilevate per la Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (Progetto CARG), grazie ai criteri di rilevamento litostratigrafico per il substrato, litologico - granulometrico e genetico per i terreni di copertura e all'organizzazione delle informazioni in una banca dati GIS, possiedono tutte le caratteristiche richieste per realizzare il primo livello di approfondimento.

Fondamentale per questo tipo di elaborazione e gestione delle informazioni è l'organizzazione di una banca dati GIS.

La procedura proposta in figura 1 è conforme anche agli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e dal Dipartimento della Protezione Civile (GRUPPO DI LAVORO MS, 2008; in stampa) e può quindi essere applicata in tutte le aree in cui sono disponibili carte geologiche rilevate secondo i criteri CARG.

In particolare, l'elaborazione dei dati CARG è

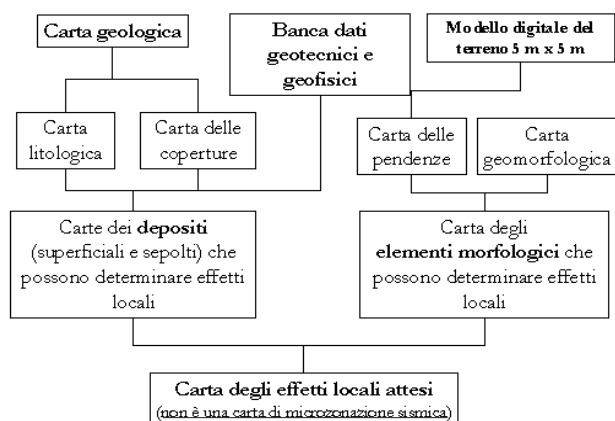


Fig. 1 - Schema per la realizzazione di carte degli effetti locali da dati pre-sistenti; primo livello di approfondimento di uno studio di microzonazione sismica.

- Flowchart for drafting of local effect maps from available data: first level of a seismic microzonation study.

descritta nel flusso di attività che permette di ottenere la carta dei depositi, superficiali e sepolti, che possono determinare effetti locali. Dalla carta geologica e dalla relativa banca dati è possibile selezionare le unità stratigrafiche (tutte, indipendentemente dal rango e dalla genesi) e le coperture che possono indurre effetti locali (vedi ad esempio tabella 1). Tale operazione sarà più rapida e meno onerosa se i dati sono organizzati in un GIS.

Il passo successivo consiste nell'accorpore le unità selezionate in classi che presumibilmente hanno un comportamento simile in caso evento sismico (Risposta Sismica Locale, RSL). Poiché la RSL, durante un determinato terremoto, dipende dalle proprietà meccaniche (densità) e dalle caratteristiche geometriche dei terreni, è di fondamentale importanza elaborare una carta in cui i terreni siano distinti e classificati secondo le caratteristiche litologiche (carta litologica).

In particolare devono essere ben caratterizzati i terreni recenti, soprattutto le coperture detritiche (alluvioni, detriti di versante, accumuli gravitativi) ed è quindi importante elaborare anche una mappa descrittiva dei terreni di copertura. Ciò anche perché le direttive nazionali e regionali generalmente prevedono particolari vincoli o strategie di intervento e gestione del territorio in presenza di terreni detritici recenti.

Poiché gli effetti locali si verificano soprattutto in terreni incoerenti con spessore di almeno 3 m al di sotto del piano di posa delle fondazioni, cioè in terreni indicativamente spessi almeno 5 m da p.c., è importante conoscere e rappresentare la profondità del *bedrock* sismico. Tale profondità può essere efficacemente rappresentata tramite isobate della superficie superiore (tetto). Per

*bedrock* sismico si intende quel corpo geologico al cui interno la  $V_s$  è significativamente maggiore (almeno doppia) di quella dei terreni soprastanti e aumenta gradualmente con la profondità. I valori di  $V_{S30}$  (velocità equivalente delle onde S nei primi 30 metri di profondità) delle coperture variano generalmente tra 150 e 350 m/s; misure sperimentali indicano che in Appennino terreni caratterizzati da  $V_s$  circa uguale a 650÷700 m/s si comportano da *bedrock* sismico (BORDONI *et alii*, 2007). Per definire quindi profondità e geometria del tetto del *bedrock* sismico, è importante mappare la profondità (tetto del *bedrock* sismico) al di sotto della quale la  $V_s$  è indicativamente maggiore di 700 m/s ( $V_s = 800$  m/s per le direttive europee e nazionali: vedi categoria di sottosuolo A dell'Eurocodice 8, parti 1 e 5, e del D.M. 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") e cresce in maniera graduale, cioè senza contrasti di impedenza significativi verso il basso.

In assenza di misure e stime della  $V_s$ , la geometria e lo spessore dei terreni di copertura possono essere efficacemente rappresentati mappando la profondità del tetto del substrato geologico. Misure sperimentali (MARTELLI *et alii*, 2006) indicano però che alcune unità litostratigrafiche appenniniche (che costituiscono substrato geologico delle coperture), come ad esempio le argille e le sabbie post-evaporitiche del margine appenninico-padano (es.: Argille Azzurre, Argille a Colombacci, Sabbie di Imola) e in generale tutte le formazioni intensamente fratturate e deformate, sono caratterizzate da spessori anche di vari metri in cui  $V_s$  è simile a quella delle coperture (talora  $\leq 450\div 500$  m/s); tali terreni non possono essere quindi considerati *bedrock* sismico ed è perciò importante che siano evidenziati nella carta litologica.

La carta delle unità geologiche che possono determinare effetti locali è la sintesi delle carte sopra descritte (litologica e delle coperture).

Questo tipo di rappresentazione, sebbene qualitativa e speditiva, è di estrema importanza per tutte le attività di governo del territorio finalizzate alla riduzione del rischio sismico; permette di individuare le zone a maggiore pericolosità sismica locale, definire i livelli di approfondimento degli studi da realizzare e programmare in maniera più mirata le indagini da realizzare. Nella pianificazione di area vasta (Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali, PTCP) questo tipo di cartografia costituisce anche la base per formulare gli indirizzi per le successive fasi di pianificazione comunale (Piani Strutturali Comunali, PSC).

I dati CARG, così elaborati, possono essere utilizzati anche per attività di Protezione Civile, in

particolare per la definizione di scenari di danno che tengano conto della pericolosità locale e per la scelta delle aree destinate agli insediamenti provvisori.

### 3. – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle carte CARG, grazie ai criteri di rilevamento (litostratigrafico per il substrato, litologico-granulometrico e genetico per i terreni di copertura) e dalle relative banche dati è possibile realizzare in automatico, tramite GIS, carte dei depositi che possono determinare effetti locali in caso di eventi sismici, sia a scala di area vasta che a scala di centro abitato (se rilevate a scala 1:10.000).

Ciò permette la realizzazione speditiva e a basso costo di mappe propedeutiche per gli studi di microzonazione sismica e per la programmazione delle indagini di approfondimento.

Questa procedura deriva dagli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” della Regione Emilia-Romagna ed è conforme anche agli “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica” approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e dal Dipartimento della Protezione Civile, attualmente in stampa.

Poiché l’analisi della risposta sismica locale e la microzonazione sismica, oltre a costituire efficaci strumenti per la riduzione del rischio sismico e investimenti per lo sviluppo delle aree a maggiore sismicità, sono anche obblighi di legge, in quanto

richieste dalle normative vigenti sia in materia di pianificazione urbanistica che di progettazione, è auspicabile che la cartografia geologica sia completata, ad una scala adeguatamente dettagliata (1:10.000 - 1:5.000), almeno nelle aree urbane e urbanizzabili (centri urbani, pianure, coste, vallate, e zone limitrofe).

### BIBLIOGRAFIA

- BORDONI P., HAINES J., DI GIULIO G., MILANA G., AUGLIERA P., CERCATO M., MARTELLI L., CARA F. & THE CAVOLA EXPERIMENT TEAM (2007) – *Cavola experiment site: geophysical investigations and deployment of a dense seismic array on a landslide*. *Annals of Geophysics*, **50** (5), October 2007: 627-649.
- BURER (2007) - *Deliberazione dell’Assemblea Legislativa n. 112/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”*. Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n. 64 del 17/5/2007.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008) - *Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile. Roma, 3 vol. e 1 Cd-rom.
- MANICARDI A. & MARTELLI L. (2007) - *Prevenzione del rischio sismico: rappresentazione della pericolosità sismica locale per i piani territoriali provinciali*. *Urbanistica*, 59-132, gennaio-aprile 2007: 95-101.
- MARTELLI L., FILIPPINI M., BAGLI S., SEVERI P. & TOMASETTI F. (2006) - *Riduzione del rischio sismico nella pianificazione territoriale e urbanistica in Emilia-Romagna: definizione e rappresentazione della pericolosità sismica locale*. *Il Geologo dell’Emilia-Romagna*, Boll. Uff. d’Inf. Ordine Geologi. Regione Emilia-Romagna, anno 6/2006, n. 24: 7-17.