



***LINEE GUIDA PER GLI STUDI  
DI MICROZONAZIONE SISMICA MS  
DELLA REGIONE MARCHE***

*Novembre 2009*

*Ordine dei Geologi delle Marche – Corso Garibaldi, 28 – 6121 Ancona  
[www.geologimarche.it](http://www.geologimarche.it)*

## **Gruppo di lavoro**

### **Ordine dei Geologi delle Marche:**

Farabollini Piero (Coordinatore)

Angelelli Loretta

Borghi Walter

Brunelli Marco

Mazzarini Lucia

Mengarelli Donato

### **Regione Marche:**

Principi Marcello

Tiberi Pierpaolo

Documento discusso e approvato con Delibera n° 157 del 09/11/2009  
del Consiglio dell'Ordine dei Geologi delle Marche

Gennari Enrico (*Presidente*)

Alessandroni Gigliola (*Vice Presidente*)

Pignocchi Andrea (*Segretario*)

Otera Vincenzo (*Tesoriere*)

*Consiglieri:*

Angelelli Loretta

Brunelli Marco

Capponi Giuseppe

Farabollini Piero

Farina Daniele

Lattanzi Fabio

Prati Sara

## ***Linee guida per gli studi di microzonazione sismica MS della Regione Marche***

### **1. PREMESSA**

La politica della Regione Marche per la sostenibilità ambientale 2006 – 2010

In data 30 gennaio 2007, il Consiglio Regionale ha approvato in via definitiva la **STRAS** (*Strategia Regionale d'azione ambientale per la sostenibilità*), il cui obiettivo è assicurare un'ottima qualità della vita alla generazione attuale, senza compromettere il benessere delle generazioni future. In linea quindi con gli indirizzi espressi a livello comunitario e nazionale, la regione Marche fissa obiettivi ed individua azioni in quattro aree principali di intervento:

1. clima e atmosfera,
2. **natura e biodiversità**,
3. ambiente e salute,
4. uso e gestione sostenibile delle risorse naturali e dei rifiuti.

Nella tematica natura e biodiversità il Documento prevede tra i vari macroobiettivi la **protezione del territorio dai rischi idrogeologici, idraulici e sismici** per la quale gli obiettivi specifici prefissati consistono in:

- Protezione dei beni dal rischio sismico (Obiettivo 4)
- Miglioramento del sistema di previsione e di prevenzione delle calamità naturali ed il sistema di risposta in caso di emergenza (Obiettivo 5)

In seguito vengono riportate le azioni individuate e corrispondenti agli obiettivi citati:

#### **“Obiettivo 4.**

- *attività di studio sulla sismicità, sulla vulnerabilità e sul danno atteso da rischio sismico di alcuni tratti di costa del territorio regionale, a completamento dei precedenti studi che hanno riguardato principalmente l'area montana;*
- *aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale sulla base della nuova mappa di pericolosità sismica, prevista dall'Ordinanza n.3274/2003;*
- *definizione del grado di sicurezza (adeguamento o miglioramento sismico) delle tipologie di edifici ed infrastrutture strategiche, oggetto di verifica obbligatoria, con supporto di consulenza ai soggetti interessati.*

#### **Obiettivo 5.**

- *Miglioramento della capacità di intervento delle comunità locali in corrispondenza delle calamità naturali (assistenza tecnica agli enti locali per le attività di pianificazione*

*dell'emergenza, attività di formazione ed informazione);*

- *Acquisizione e trasferimento delle informazioni riguardanti l'assetto del territorio e l'ambiente fisico (realizzazione di una rete diffusa);*
- *Sviluppo del sistema regionale di Protezione Civile e coordinamento tra i vari soggetti che operano nel campo della sicurezza e dell'emergenza;*
- *Attivazione del Centro funzionale per la meteorologia, la sismica e l'idrogeologia, facente parte del Servizio Meteorologico Distribuito, ai sensi dell'art. 111 del D.Lgs. 112/98;*
- *Prevenzione e previsione dei danni causati da dissesti idrogeologici e da eventi sismici nel territorio regionale (elaborazione di studi e indagini scientifiche)."*

Tra i vari strumenti attivabili previsti dalla Regione stessa rientra la "microzonazione sismica di dettaglio svolta in 12 comuni della fascia costiera."

Nel Documento sono inoltre riportati gli strumenti finanziari e di valutazione per l'attuazione relativi ad ogni macro-obiettivo prefissato. Tra le fonti di finanziamento individuate per la protezione del territorio dai rischi idrogeologici, idraulici e sismici rientrano:

- *fondi regionali*: Servizio Ambiente e Difesa del Suolo, Gabinetto del Presidente;
- *fondi nazionali*: Fondo Aree Sottoutilizzate, Fondo Europeo Agricolo di Garanzia e altri;
- *fondi comunitari*: Fondo Europeo Agricolo di Sviluppo Rurale, Fondo Europeo Regionale di Sviluppo;
- *altri*.

La stessa L.R. n.32 del 11 dicembre 2001 "Sistema regionale di Protezione Civile" prevede che la Regione, le Province ed i Comuni elaborino rispettivamente programmi regionali (artt. 4 e 5), provinciali (art. 12) e piani comunali (art. 14) di previsione e prevenzione delle varie ipotesi di rischio attraverso la raccolta e la elaborazione dei dati e delle informazioni concernenti il proprio territorio, al fine di individuare e caratterizzare particolari rischi e di indicare gli interventi per prevenire, mitigare e fronteggiare le conseguenze degli eventi calamitosi connessi con i rischi ipotizzati. Le informazioni ed i dati raccolti a scala di dettaglio (comunale, provinciale) dovranno essere messi a disposizione per l'aggiornamento continuo dei programmi delle strutture amministrative provinciali e regionale.

## 2. CONTESTO SISMOTETTONICO DELLA REGIONE MARCHE

Sin dai tempi storici le Marche sono state interessate da una diffusa e frequente attività sismica: il terremoto fa parte ormai della cultura, della storia, dell'arte e delle tradizioni popolari, tant'è che riferimenti se ne trovano in qualsiasi forma di arte (basti pensare alle pitture di Giotto all'interno della Basilica di Assisi).

Le caratteristiche e la distribuzione degli eventi sismici sono ben conosciute, anche sulla base di ricerche condotte già da diverso tempo e finalizzate in cataloghi (Catalogo di forti terremoti del Baratta; Catalogo dei Terremoti di Postpichl; I terremoti dall'anno 1000 ad oggi dell'INGV; ecc.). Anche a livello regionale è sufficiente citare le numerose ricerche effettuate sul territorio dalla stessa Regione Marche e dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata.

Tali dati, permettono di definire che la massima intensità sismica osservata nell'area marchigiana è pari al X grado della scala MCS (che corrisponde ad una percentuale di danneggiamento pari al 75%), cioè una magnitudo massima di 6.2-6.4 della scala Richter. Tuttavia i sismi non avvengono con la stessa frequenza ed intensità su tutta l'area marchigiana, ma sono concentrati in alcune fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico e per tale motivo è possibile dividere la regione Marche in tre distinte zone sismotettoniche:

1. l'area della catena appenninica, caratterizzata da terremoti frequenti e con intensità pari al X grado MCS (terremoto di Norcia del 1907);
2. l'area pedeappenninica, seppur caratterizzata da blanda attività sismica, ha un carattere frequente e diffuso soprattutto nelle aree Arcevia-Sassoferrato, Montefano-Treia-Pollenza-Loro Piceno e Offida-Ascoli Piceno;
3. l'area periadriatica, invece caratterizzata da una sismicità con attività generalmente moderata (Rimini-Senigallia; Ancona-Porto San Giorgio).

I terremoti che periodicamente colpiscono la regione marchigiana sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo, le cui caratteristiche possono essere desunte dall'analisi dei meccanismi focali. Meccanismi focali di tipo distensivo, con asse di massima distensione in direzione SW-NE, caratterizzano l'area appenninica (zona 1), meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente, con asse di massima compressione in direzione SW-NE, sono tipici dell'area pedeappenninica e periadriatica (zona 2 e 3).

La zona interna, appenninica, attualmente in distensione, presenta il più alto livello di sismicità e l'attività sismogenetica principale avviene entro i primi 12 km di profondità (terremoto Umbria-Marche 1997). La zona intermedia (zona 2), che corrisponde alla fascia del pede-Appennino marchigiano, risulta caratterizzata da una cinematica di tipo trascorrente (evento di Montefano del 20 settembre 2009; evento di Macerata del 14 ottobre 2009; evento di Loro Piceno del 20 ottobre 2009). Nella zona esterna (zona 3), corrispondente alla fascia periadriatica, l'attività sismica è associata a deformazione di tipo

compressivo e trascorrente ed è più superficiale, essendo limitata ai primi 10 km di profondità (evento di Senigallia del 1930; evento di Ancona del 1972; evento di Porto San Giorgio del 1987).

Sulla base degli studi più recenti è quindi possibile affermare che la sismicità della Regione Marche è espressa correttamente dalla carta di pericolosità sismica del territorio italiano. Tuttavia, i danni alle cose e la perdita di vite umane causati dagli ultimi terremoti hanno ampiamente dimostrato che, per una reale riduzione del rischio sismico, occorre procedere alla verifica degli edifici costruiti negli anni passati sulla base di studi geologici e geofisici specifici, mirati ad una microzonazione sismica del nostro territorio.

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI (NAZIONALI E REGIONALI)

Di seguito si riportano le principali norme, sia nazionali che regionali, che sono state emanate e che regolamentano in materia di prevenzione sismica e di microzonazione sismica, partendo dalla prima legge sismica del 1974 n.64 che ha introdotto il concetto di prevenzione sismica.

- *Legge 2 febbraio 1974, n. 6 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- *Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- *Legge 24 febbraio 1992, n.225, Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione civile;*
- *Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;*

A seguito del terremoto dell'Umbria-Marche del 1997, la *Legge n. 61/98* ha introdotto la necessità di effettuare gli studi di microzonazione sismica, anche se tali studi sono legati non tanto all'azione di prevenzione ma quanto di ricostruzione.

Le norme sismiche introdotte dall'*Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica* e s.m.i., introducono criteri oggettivi per la classificazione dei suoli ai fini delle azioni di progetto antisismico;

- *DM 14 settembre 2005 - Testo Unico sulle Costruzioni*, si esplicita la necessità di studi di microzonazione sismica;
- *Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007 - Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.*

La recente entrata in vigore del *Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 - Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni* e la successiva *Circolare 2 febbraio 2009, n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"* di cui al D.M. 14 gennaio 2008, risulta essere un importante punto di arrivo della normativa sismica italiana, in quanto vengono introdotti i fenomeni amplificativi dovuti alle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e topografiche di un sito, applicando quanto dettato a livello generale dagli Eurocodici 7 e 8, tra cui

l'introduzione obbligatoria del Modello Geologico, della pericolosità e vulnerabilità del sito, oltre che della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

A conferma dell'importanza di tali problematiche per gli sviluppi futuri delle attività di prevenzione e mitigazione del rischio sismico, a livello regionale l'Emilia-Romagna ha stabilito degli indirizzi per gli studi di MS (maggio 2007), mentre a livello nazionale sono state approvate le Linee Guida che forniscono "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" redatte dal Dipartimento della Protezione Civile in collaborazione con esperti e tecnici delle Regioni, delle Università e dell'INGV (2008).

A livello regionale, è necessario ricordare la *L.R. 33/84 - Norme per le costruzioni in zone sismiche nella Regione Marche* e s.m.i.. Gli artt. 10 e 11 della legge suddetta prevedono che in sede di formazione, revisione o adeguamento degli strumenti urbanistici generali ed attuativi, i Comuni compresi nelle zone del territorio regionale dichiarate sismiche ai sensi del D.M. LL. PP. del 10.2.83 predispongano specifiche indagini multidisciplinari volte a definire il rapporto tra previsioni urbanistiche e caratteristiche sismiche e geologiche del territorio, nonché finalizzate alla riduzione del rischio sismico.

Un primo passo importante, relativo all'inserimento delle problematiche e delle normative sismiche nelle sedi di pianificazione ordinaria del territorio, viene raggiunto con l'emanazione della Circolare n. 15 del 28 agosto 1990 "*Relazione tecnico-illustrativa Circolare ex L.33/84 artt.10/11*", contenente la tipologia di indagini finalizzate alla riduzione del rischio alla scala dello strumento generale di piano e quindi alla scala degli obiettivi, delle strategie e delle scelte generali.

Il sopracitato Decreto "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Marche" individuava complessivamente 230 Comuni ricadenti in zone sismiche.

A seguito di successivi studi, eseguiti in collaborazione tra la Regione Marche e l'Osservatorio Geofisico di Macerata ed il CNR, in relazione alla formulazione di nuovi modelli sismotettonici, alla revisione della sismicità storica e all'osservazione strumentale più recente, è stato evidenziato che la pericolosità sismica del territorio marchigiano non risulta uniformemente distribuita. È stato inoltre osservato che per 16 comuni inizialmente non classificati esisteva in realtà un certo livello di rischio. Le località marchigiane interessate da tali indagini sperimentali sono state: Esanatoglia, Cerreto d'Esi, Serra S. Quirico, S. Vittoria in Matenano e Castel S. Angelo sul Nera.

In base ai risultati ottenuti i Comuni della Regione Marche sono stati riclassificati secondo tre livelli di rischio come riportato nella medesima Circolare n.15 del 1990:

- livello A (rischio sismico elevato) ricadente lungo la dorsale umbro-marchigiana;
- livello B (rischio sismico medio) ricadente nella fascia intermedia pede-appenninica ed esterna costiera;
- livello C (rischio sismico basso) ricadente nella fascia esterna costiera principalmente nella



porzione di territorio meridionale a sud di Ancona ed in piccola parte nell'interno pesarese.

A seguito della crisi sismica del settembre 1997, la Giunta Regionale delle Marche con delibera n.1977 del 2 agosto 1999 ha approvato i “Criteri per la valutazione del coefficiente di amplificazione locale Fa” di cui alla DGR n.2153/98 – All. B “Direttive tecniche” – par. 2.3 e 3.3 e adottato il *“Rapporto conclusivo sulla valutazione degli effetti di amplificazione locale delle località campione più danneggiate dalla sequenza di terremoti dell’Umbria - Marche 1997 - 1998”*, elaborato dal GNDT-IRRS-Regioni Marche ed Umbria, in collaborazione con il Servizio Sismico Nazionale, relativo alle indagini urgenti di microzonazione sismica eseguite nei Comuni e nelle frazioni dichiarati “disastrati” dall’evento tellurico del settembre 1997 con le ordinanze ministeriali n. 2694/97, art.1, comma2, e n.2719/97, art.1, comma1 (c.d. “fascia A”).

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI		EFFETTI
<b>E1</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
<b>E2</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>E3</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
<b>E4</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
<b>E5</b>	Zona di ciglio H<10m (scarpata con parete sub verticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale, di natura antropica)	Amplificazioni litologiche e geometriche
<b>E6</b>	Zona di cresta rocciosa, cocuzzolo	
<b>E7</b>	Zona di fondovalle con presenza di terreni incoerenti	
<b>E8</b>	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione	
<b>E9</b>	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

In riferimento agli effetti e a danni derivati dall’evento sismico che ha colpito Umbria-Marche, il GNDT e il Servizio Sismico Nazionale, su richiesta del Sottosegretario alla Protezione Civile Franco Barberi, hanno individuato 3 località (Nocera, Sellano e Fabriano) sulle quali effettuare indagini di microzonazione sismica di dettaglio. I risultati per Fabriano sono stati presentati nel volume di *“Microzonazione sismica di Fabriano”* (a cura di Marcellini A. e P. Tiberi, Febbraio 2000).

Allo stesso tempo la Regione Marche ha sostenuto ed avviato studi di microzonazione sismica nei comuni di Cagli, Offida, Serra dè Conti e Treia i cui risultati e dettagli di procedimento sono stati pubblicati in un apposito volume con allegato CD-ROM (a cura di M. Mucciarelli e P. Tiberi, 2004).

Tali lavori, oltre a costituire uno strumento indispensabile per la pianificazione territoriale delle aree urbane considerate, rappresentano elaborati tecnico-scientifici di elevato livello, utili come modello

per la programmazione di nuovi studi di microzonazione sismica e come bibliografia di riferimento per zone che presentano assetti geologici e geomorfologici simili a quelli indagati.

Successivamente, e secondo la metodologia proposta per la microzonazione sismica di dettaglio dei comuni di Cagli, Offida, Serra dè Conti e Treia, la Protezione Civile della Regione Marche ha eseguito una nuova indagine di MS nel territorio comunale di Senigallia. Tale lavoro, dal titolo “La microzonazione sismica di Senigallia” e pubblicato a cura di M. Mucciarelli e P. Tiberi, 2007, ha messo in evidenza la necessità di utilizzare, per le aree costiere, spettri di risposta compatibili con meccanismi focali di tipo compressivo. Inoltre è stata proposta anche una valutazione della zonazione della pericolosità sismica dell’area di Senigallia sulla base del fenomeno di risonanza tra la frequenza degli edifici e quella del terreno, in quanto, secondo gli stessi autori, sembra dare una migliore e più reale classificazione della pericolosità sismica del territorio.

- Con la DGR n. 1046 29 luglio 2003 - *Indirizzi generali per la prima applicazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003. Individuazione e formazione dell’elenco delle zone sismiche nella Regione Marche*, vengono approvati gli indirizzi generali per l’applicazione dell’O.P.C.M. n. 3274/2003, che riclassifica il territorio marchigiano in tre zone sismiche. L’intero territorio regionale risulta così classificato:

- 6 Comuni ricadenti in zona sismica 1 (Castel S. Angelo sul Nera, Monte Cavallo, Muccia, Pieve Torina, Serravalle di Chienti e Visso);
- 228 Comuni ricadenti in zona sismica 2;
- 12 Comuni ricadenti in zona sismica 3;
- 0 Comuni ricadenti in zona sismica 4.

Nella seguente tabella viene riportata la suddivisione dei 246 comuni marchigiani in funzione della provincia di appartenenza:

	<b><i>Zona 1</i></b>	<b><i>Zona 2</i></b>	<b><i>Zona 3</i></b>	<b><i>Zona 4</i></b>
PESARO - URBINO	=	67	=	=
ANCONA	=	49	=	=
MACERATA	6	51	=	=
ASCOLI PICENO	=	61	12	=
<b>TOTALE</b>	<b>6</b>	<b>228</b>	<b>12</b>	<b>0</b>

Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008.

#### 4. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

I recenti movimenti tellurici verificatisi nel territorio italiano hanno confermato come, in concomitanza di eventi sismici, l'intrinseca eterogeneità delle caratteristiche geometriche, fisiche, idrauliche e meccaniche dei terreni può comportare danni sia all'ambiente naturale che antropico, variabili anche in porzioni limitate di territorio. Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono infatti determinare, in occasione di eventi sismici, sostanziali modificazioni della pericolosità sismica di base, attraverso la manifestazione di effetti locali diversi (amplificazione del segnale sismico, fenomeni di instabilità di versante, liquefazione, cedimenti, rotture del terreno, ecc.), che devono essere tenuti in debita considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

##### 1. Effetti di sito (o di amplificazione sismica locale)

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono essere distinti in due gruppi (che oltretutto possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito):

- *effetti di amplificazione topografica* che si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale;
- *effetti di amplificazione litologica* che si verificano invece quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici, costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche.

Dal punto di vista strettamente fenomenologico, l'amplificazione sismica (risposta sismica locale) consiste nella modificazione in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un segnale sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie libera. La risposta sismica locale può modificare sostanzialmente le frequenze dominanti dell'evento; in particolare, può accadere che in corrispondenza di alcune frequenze si abbia un fenomeno di amplificazione, mentre in corrispondenza di altre il segnale sismico si riduca.

##### 2. Effetti di instabilità

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti in sito:

- ***versanti in equilibrio precario*** (in materiale sciolto o in roccia), dove si possono verificare fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazioni e colamenti);
- ***aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici*** quali faglie sismogenetiche, dove si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture;
- ***terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche***, dove si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione;
- ***siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo***, dove si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione a crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

## 5. PRINCIPI ED ELEMENTI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Avendo chiari gli effetti che un terremoto può causare all'ambiente naturale, uno studio di microzonazione sismica ha due finalità principali:

1. fornire mappe che individuino le aree con comportamento sismico differente in relazione alla geologia s.l. del territorio in un formato che possa essere direttamente utilizzabile in sede applicativa (suscettibilità alla amplificazione del segnale sismico, suscettibilità alla liquefazione, suscettibilità alla instabilità dei pendii naturali);
2. raccogliere i dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici necessari per individuare i criteri che permettano di estrapolare i risultati a situazioni analoghe. Le indagini e le elaborazioni si basano sui dati geologici s.l. disponibili o reperiti ex-novo, sullo studio della pericolosità sismica già disponibile a scala regionale e sui dati di indagini geofisiche effettuate in sito per la determinazione della velocità delle onde sismiche e delle caratteristiche di risonanza dei terreni.

La scelta della scala con cui elaborare le mappe di zonazione dipende dal livello di dettaglio dell'informazione che si intende rappresentare (in generale, si definiscono Mappe a grande scala quelle 1:25.000 o maggiori; mappe a media scala quelle da 1:1.000.000 a 1:25.000 e mappe a piccola scala quelle inferiori o uguali a 1:1.000.000).

A scala urbana, l'identificazione della pericolosità sismica locale, associata alla conoscenza dei diversi livelli di vulnerabilità degli elementi e dei sistemi esposti, è determinante per la valutazione delle aree a rischio e, quindi, per introdurre elementi di sicurezza come fattori chiave per lo sviluppo e per le scelte localizzative.

Gli studi di MS inoltre necessitano di aggiornamenti, tenendo anche conto del miglioramento delle tecnologie di indagine, per le seguenti circostanze:

- a seguito di un evento sismico, sulla base delle analisi sulla distribuzione dei danni (attraverso schede tecniche);
- a seguito di importanti campagne di acquisizione dati (es. costruzione di opere strategiche);
- a seguito di nuove determinanti scelte strategiche o di localizzazione nella pianificazione territoriale e urbanistica o nella pianificazione per l'emergenza.

Poiché gli studi di MS richiedono l'acquisizione dei dati già disponibili è opportuno che la Regione e gli Enti locali mantengano sempre aggiornate le banche dati; gli stessi studi di MS, poiché prevedono l'analisi critica dei dati pregressi e l'esecuzione di nuove indagini, devono costituire occasione di aggiornamento dei database informatici (possibilmente tramite metodologie GIS).

Le indagini di Microzonazione Sismica, in funzione delle finalità e applicazioni, possono essere svolte a diversi livelli di approfondimento. Secondo le Linee Guida della Protezione Civile, in relazione all'area di indagine, alla sismicità della zona e alla gravità delle conseguenze di eventuali frane e/o

liquefazioni e collassi, si può operare secondo 3 livelli di approfondimento:

#### **I livello**

- Reperimento e interpretazione dei dati esistenti;
- Definizione delle condizioni geologiche e morfologiche locali;
- Risultati utilizzabili nella programmazione territoriale di area vasta (PTCP).

#### **II livello**

- Rilevazione più dettagliata delle condizioni locali e determinazione dei parametri necessari per la definizione della risposta sismica dei terreni;
- Indagini in situ: prove geofisiche e prove geotecniche di tipo corrente finalizzate a misure dirette della velocità di propagazione delle onde sismiche ( $V_p$  e  $V_s$ );
- Risultati utilizzabili nella pianificazione urbanistica ed interventi attuativi per le aree di II livello;

#### **III livello**

- Microzonazione sismica di maggiore dettaglio per situazioni di pericolosità (ad esempio: aree ad alta vulnerabilità sismica, studio di fattibilità opere strutturali e infrastrutturali strategiche e/o di rilevante interesse impatto e interesse pubblico);
- Numero elevato di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, mirate all'acquisizione di dati geotecnici nei campi di sollecitazione e deformazione indotti dai terremoti attesi ( $G$ ,  $E$ ,  $K$ );

I risultati ottenuti, siano essi di I, di II o di III livello, saranno sintetizzati in un sistema informatico nel quale verranno rappresentate in dettaglio:

- le condizioni locali che possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso (amplificazione) o produrre effetti cosismici (instabilità dei versanti, liquefazione, densificazione e conseguenti cedimenti) rilevanti per le costruzioni e infrastrutture,
- i fattori di amplificazione
- gli spettri di risposta relativi alle condizioni locali.

### **5.1 Primo livello di approfondimento**

Il primo livello di approfondimento costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento ed ha come obiettivo principale la definizione dei differenti scenari di pericolosità sismica locale e l'individuazione delle parti di territorio suscettibili di specifici effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, cedimenti, rotture dei terreni, ecc.); i risultati di tali analisi servono ad orientare la scelta del successivo livello di approfondimento (livello 2 o livello 3), fornendo, già in questa fase, prime indicazioni utili alle scelte

localizzative in fase di pianificazione.

### **5.1.1 Acquisizione dei dati**

L'identificazione delle aree soggette ad effetti locali deve basarsi su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico (svolti a vari livelli territoriali, in funzione del livello di pianificazione), derivanti da un quadro conoscitivo generale predisposto attraverso la raccolta di dati e di informazioni esistenti, rappresentate da:

- Cartografia topografica di dettaglio (tavole 1:25.000, CTR 1:10.000 e 1:5.000, cartografie di dettaglio comunali 1:2.000) da utilizzare come base per i rilievi e per la restituzione grafica dei risultati;
- Cartografia geologica e geomorfologica (CARG, cartografie allegate a strumenti di pianificazione in scala 1:10.000, cartografie per progetti particolari);
- Cartografia del dissesto idrogeologico (Progetto IFFI, P.A.I., Piani provinciali di dissesto idrogeologico);
- Risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche esistenti.
- Sezioni geolitologiche ricostruite sulla base dei dati di cui ai punti precedenti.

Tali informazioni vanno reperite presso gli uffici della Regione Marche, delle Province, dei Comuni e dei vari Enti preposti al governo del territorio (Autorità di Bacino, Comunità Montane, Consorzi di Bonifica, Enti Parco, ecc.).

Per quanto concerne le indagini geognostiche pregresse si dovrà:

- adottare un sistema di archiviazione e gestione del dato territoriale anche a livello cartografico (SIT);
- valutare l'attendibilità del dato;
- definire un sistema di controllo per l'archiviazione dei dati;
- definire le modalità di presentazione dei dati pregressi raccolti, finalizzati a fornire gli elementi utili per la progettazione e realizzazione di nuove campagne geognostiche.

Laddove le informazioni risultassero carenti ai fini di una attendibile ricostruzione del quadro litostratigrafico dell'area, potranno essere eseguite apposite nuove indagini che permettano di definire la litostratigrafia, la natura e gli spessori delle coperture e la profondità del substrato.

I dati raccolti in questa fase riguarderanno un territorio più vasto rispetto a quello in cui si andranno ad effettuare i successivi studi di MS.

### **5.1.2 Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili**

I dati reperiti, provenienti da fonti diverse, andranno verificati, omogeneizzati ed integrati mediante rilievi diretti di campagna e, qualora ritenuto necessario, con eventuali indagini suppletive.

Dall'analisi comparata di tutti i dati cartografici e geognostici che compongono il quadro

conoscitivo verranno identificati gli aspetti geologici e geomorfologici del territorio in esame in grado di determinare, in caso di eventi sismici, effetti locali (amplificazione del segnale sismico, instabilità dei terreni, cedimenti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.); nell'Allegato 1 vengono descritte le più comuni caratteristiche fisiche del territorio che possono determinare tali effetti nel territorio della regione Marche.

Sulla base degli effetti locali individuati il territorio indagato andrà suddiviso in:

- **Aree che non necessitano di ulteriori approfondimenti** - si tratta di aree stabili, per le quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- **Aree che necessitano di una seconda fase di approfondimento** - trattasi di aree suscettibili di effetti locali per le quali si prevedono due diversi livelli di approfondimento:
  - Aree oggetto di analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) - sono aree soggette ad amplificazioni del moto sismico, in conseguenza delle caratteristiche litostratigrafiche e/o morfologiche locali;
  - Aree oggetto di analisi approfondita (terzo livello di approfondimento) – trattasi di aree nelle quali gli effetti sismici attesi sono riconducibili a deformazioni permanenti, quali:
    - Instabilità di versante
    - Fenomeni di liquefazione
    - Faglie attive e capaci
    - Cedimenti differenziali.

### 5.1.3 Elaborati da produrre

A seguito delle analisi di primo livello la documentazione da produrre è la seguente:

- Carta delle indagini;
- Carta delle aree suscettibili di effetti locali (o carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica);
- Relazione illustrativa.

La Carta delle indagini, da produrre in scala adeguata al livello di piano/progetto da realizzare, dovrà indicare:

- L'ubicazione di tutte le indagini pregresse, reperite per la formazione del quadro conoscitivo;
- Il tipo di indagine, contraddistinto da appropriata simbologia;
- Le indagini che hanno raggiunto il substrato;
- Le aree in cui si ritiene opportuno eseguire ulteriori indagini, a causa di incertezze sull'attendibilità delle indagini disponibili e/o dei risultati di questo livello di approfondimento.

La Carta delle aree suscettibili di effetti locali, anch'essa da produrre in scala adeguata al livello pianificatorio, rappresenterà il territorio in esame suddiviso in:

- a) **Aree stabili**, in cui non si prevedono effetti locali;



b) **Aree stabili suscettibili di amplificazioni locali**, per motivi litostratigrafici e morfologici, nonché per la presenza di particolari morfologie sepolte;

c) **Aree suscettibili di instabilità**<sup>1</sup>, per i seguenti fenomeni deformativi permanenti:

- Instabilità di versante;
- Liquefazione
- Faglie attive e capaci
- Cedimenti differenziali.

Le caratteristiche geologiche e geomorfologiche che determinano l'appartenenza di un sito ad una delle tre zone sopra riportate vengono descritte nel dettaglio nell'Allegato 1.

Fermo restando che la carta delle aree suscettibili di effetti locali deve essere estesa ad un ambito fisico sufficientemente ampio, e quindi a livello di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), tale cartografia rappresenta il documento propedeutico alla pianificazione territoriale ed urbanistica comunale (PRG, ecc.), nella quale, partendo dagli indirizzi previsti dalla pianificazione sovraordinata, dovranno essere realizzate nuove cartografie di pericolosità sismica locale, ad una scala di maggior dettaglio, individuando sull'intero territorio comunale le parti del territorio caratterizzate dai differenti scenari di pericolosità sismica locale. In assenza di tali strumenti a livello di PTCP gli studi di primo livello dovranno essere estesi in ambiti più circoscritti ma comunque significativamente validi per gli studi di MS.

Per ognuna delle aree suscettibili di effetti locali dovranno essere indicati in legenda gli studi richiesti nei livelli successivi di approfondimento ed i livelli stessi.

Per assicurare un'omogenea modalità di rappresentazione cartografica e l'integrazione delle informazioni delle aree suscettibili di effetti locali, andrà prodotta un'ulteriore carta di sintesi (Carta dei livelli di approfondimento) in cui il territorio indagato viene suddiviso in:

- **Aree che non necessitano di approfondimento** - rappresentano le aree in cui non sono previsti effetti sismici locali e vengono identificate in cartografia con il colore bianco;

- **Aree che necessitano di un secondo livello di approfondimento** (analisi semplificata) - rappresentano le aree suscettibili di amplificazioni locali del moto sismico (sia per motivi litostratigrafici che per motivi morfologici) e vengono raffigurate con il colore giallo;

- **Aree che necessitano di un terzo livello di approfondimento** (analisi approfondita) - rientrano in questo gruppo tutte le aree nelle quali, in caso di sisma, si prevede l'instaurarsi dei fenomeni deformativi permanenti indicati al punto c) e nelle quali si prevedono effetti di amplificazione locale dovuti alla presenza di depositi di copertura caratterizzati da spessori fortemente variabili, come nel caso di aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti; tali ambiti vengono rappresentati in cartografia con il colore rosso.

Unitamente alle carte di sintesi dovranno essere fornite tutte le cartografie di base utilizzate per la

---

<sup>1</sup> Non sono esclusi per queste zone fenomeni di amplificazione del moto sismico.

formazione del quadro conoscitivo che ha condotto alla realizzazione del primo livello di approfondimento; tali cartografie comprenderanno:

- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Carta litologica
- Carta clivometrica
- Carta dello spessore delle coperture
- Sezioni geolitologiche.

Le scale di rappresentazione dovranno essere funzionali per i vari livelli di pianificazione, secondo la tabella di seguito riportata.

Scala elaborati	Livello di pianificazione
1:25.000	Pianificazione di area vasta (PTCP e altri piani territoriali)
1:10.000 – 1:5.000	Pianificazione comunale (PRG, ecc.)
1:5.000 – 1:2.000	Pianificazione attuativa (piani particolareggiati)

Nella tabella sottostante viene riportato il riepilogo delle attività previste nel Livello1 (Sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti), utile come standard di lavoro.

Indagini	Raccolta dati pregressi: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici e sondaggi
Elaborazioni	Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili
Prodotti	Carta delle indagini Carta delle aree suscettibili di effetti locali Relazione illustrativa della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

## 5.2 Secondo livello di approfondimento (analisi semplificata)

Il secondo livello di approfondimento consiste in un'analisi semplificata della risposta sismica locale (RSL) e persegue un duplice obiettivo:

1. compensare le incertezze derivanti dal primo livello mediante approfondimenti conoscitivi<sup>2</sup>;
2. fornire attraverso metodi semplificati (abachi e leggi empiriche) una stima quantitativa della variazione locale del moto sismico in superficie, nelle zone stabili suscettibili di amplificazione per motivi litostratigrafici e morfologici.

### 5.2.1 Approfondimenti conoscitivi

Partendo dall'analisi della "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" prodotta nel primo livello di approfondimento, andranno dapprima individuate le zone a maggior grado di incertezza, sulle quali si

---

<sup>2</sup> Le informazioni acquisite attraverso gli approfondimenti conoscitivi possono condurre a modificazioni nei perimetri delle aree individuate in occasione del primo livello nella Carta delle aree suscettibili di effetti locali e quindi anche in quella dei livelli di approfondimento..

potranno eseguire indagini integrative, finalizzate alla ricostruzione di un modello geologico dell'area di maggior dettaglio ed attendibilità, attraverso la determinazione della profondità del bedrock sismico e dello spessore del deposito di copertura, nonché della definizione dei profili di velocità delle onde sismiche di taglio (Vs), necessari per la determinazione del parametro Vs30, e, eventualmente, delle frequenze fondamentali di risonanza dei terreni.

A tale scopo andranno eseguite prove geotecniche e/o geofisiche in sito di tipo standard, nonché di laboratorio, in numero sufficiente a consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni presenti nell'area di studio.

Tra queste si possono citare:

- prove penetrometriche (statiche e dinamiche)
- cono sismico
- prove geofisiche in foro (Down Hole, Cross Hole, ecc.)
- prove geofisiche di superficie (sismica a rifrazione, analisi con tecniche attive e passive della dispersione delle onde superficiali, misure di microtremori, tecnica dei rapporti spettrali HVSr ecc.)

Nelle aree interessate da instabilità per fenomeni deformativi permanenti, in questa fase non sono richieste ulteriori indagini in quanto per tali aree è richiesto un approfondimento di terzo livello.

### **5.2.2 Elaborazione dati e quantificazioni numeriche con metodi semplificati**

A seguito dell'analisi della “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” realizzata nel primo livello di approfondimento ed eventualmente modificata in virtù dei risultati ottenuti dalle indagini integrative eseguite, ad ognuna delle aree per le quali è previsto il secondo livello di approfondimento va attribuita una quantificazione numerica dell'effetto sismico locale atteso.

Per tale quantificazione si può fare uso di appositi abachi forniti dalla Regione Marche (tali abachi dovranno essere realizzati secondo le indicazioni fornite nel volume “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica” a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e tenendo conto delle risultanze delle varie ricerche effettuate dalla Protezione Civile della Regione Marche e di analoghe ricerche effettuate sul territorio regionale, quale quello di Passo Varano, edificio C.A.P.I.), con i quali, in funzione del modello di sottosuolo definito sulla base delle informazioni contenute nel quadro conoscitivo formulato nel primo livello e dei risultati delle nuove indagini integrative eseguite per il secondo livello di approfondimento, alle varie zone verranno attribuiti dei fattori di amplificazione degli spettri elastici previsti in superficie, in funzione degli effetti sia litostratigrafici che topografico - morfologici.

In via temporanea, fin quando la Regione non ne avrà predisposti di specifici per il proprio contesto territoriale, potranno essere utilizzati gli abachi di riferimento riportati in Appendice (*cfr. capitolo 3.2*) nel volume “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica” redatto dalla Protezione Civile.

Trattandosi di un'analisi semplificata, in questa fase non vengono prese in esame le aree da assoggettare ad approfondimenti di terzo livello (aree suscettibili di instabilità per fenomeni deformativi permanenti), che saranno invece sottoposte ad analisi approfondite nella fase successiva del processo di studio di MS.

### 5.2.3 Elaborati da produrre

A seguito delle analisi di secondo livello la documentazione da produrre è la seguente:

- Carta delle indagini;
- Carta di microzonazione sismica;
- Relazione illustrativa.

La Carta delle indagini, da produrre in scala adeguata al livello di pianificazione, dovrà indicare:

- L'ubicazione di tutte le indagini pregresse e di nuova esecuzione;
- Il tipo di indagine, contraddistinto da appropriata simbologia;
- Le indagini che hanno raggiunto il substrato;

• Le aree in cui si ritiene opportuno eseguire ulteriori indagini per la predisposizione del terzo livello di approfondimento, ovvero quelle in cui le incertezze sui risultati di questo livello sono maggiori.

La Carta di microzonazione sismica, anch'essa da produrre in scala adeguata al livello pianificatorio, dovrà individuare per ognuna delle aree rappresentate nella Carta delle aree suscettibili di effetti locali un fattore di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento, ottenuto attraverso l'utilizzo delle formule e degli abachi che saranno fornite dalla Regione Marche.

La Relazione illustrativa, oltre alle note descrittive, dovrà contenere anche i risultati delle indagini e delle prove eseguite appositamente nel secondo livello di approfondimento per la definizione del modello geologico del sottosuolo e dei profili di velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ).

Come per il livello 1 la tabella sottostante riporta una sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti previste nel Livello2, utile come standard di lavoro.

Indagini	Indagini geofisiche in foro del tipo DH o CH, cono sismico, sismica a rifrazione, analisi con tecniche attive e passive della dispersione delle onde superficiali per la stima di $V_s$ , microtremori ed eventi sismici
Elaborazioni	Correlazioni e confronto con i risultati del livello 1, revisione del modello geologico, abachi per i fattori di amplificazione, abachi e formule empiriche per le instabilità di versante e per la liquefazione
Prodotti	Carta delle indagini Carta della microzonazione sismica Relazione illustrativa della carta di microzonazione sismica

### **5.3 Terzo livello di approfondimento (analisi approfondita)**

Il terzo livello di approfondimento è finalizzato alla definizione dell'effettivo grado di pericolosità sismica locale di tutti quegli ambiti interessati da previsioni urbanistiche di riqualificazione e/o nuovo insediamento, ricadenti in aree che a seguito di eventi sismici possono essere soggette ai seguenti fenomeni di deformazioni permanenti del territorio:

- a) instabilità di versante (attiva e potenziale);
- b) liquefazione;
- c) faglie attive e capaci;
- d) cedimenti differenziali.

Oltre ai succitati casi, il terzo livello va effettuato anche nei seguenti casi:

- e) aree con presenza di coperture di terreni fortemente variabili (ad esempio: le aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti);
- f) aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Ad eccezione delle aree di cui all'ultimo punto, gli ambiti per i quali è richiesta l'attuazione del terzo livello devono già essere individuati, attraverso il primo livello di analisi, nella "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" a corredo del PTCP.

Per ognuno dei casi sopra indicati dovranno essere fornite valutazioni quantitative dei potenziali effetti attesi.

#### **5.3.1 Indagini conoscitive**

L'analisi di terzo livello richiede un numero significativo di prove ed indagini, finalizzate alla definizione del modello geologico del sottosuolo e della caratterizzazione geotecnica dei terreni sia in campo statico che dinamico.

Il programma delle indagini, predisposto sulla base delle indicazioni relative ai due livelli precedenti, deve essere commisurato alla specificità del caso e dovrà prevedere il ricorso a tecniche di riconosciuta validità per le quali esistono riferimenti nella letteratura scientifica.

Le indagini previste per questo livello di approfondimento sono rappresentate da:

- campagne di acquisizione di dati sismometrici,
- sondaggi,
- prove in foro ed in superficie per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ),
- prove geotecniche in sito e di laboratorio (sia statiche che dinamiche),
- misure di microtremori.

#### **5.3.2 Elaborazioni**

Le elaborazioni da svolgere nel terzo livello di approfondimento consistono in analisi numeriche

1D e 2D per la quantificazione delle amplificazioni locali ed in analisi dinamiche per la quantificazione dei potenziali movimenti franosi e dei cedimenti attesi nel caso di aree suscettibili di fenomeni di instabilità di versante e di liquefazione e densificazione.

Le analisi di risposta sismica con metodi di III livello vanno solitamente eseguite in aree limitate e, purché siano basati su un'adeguata disponibilità di dati geotecnici, possono produrre mappe di zonazione affidabili.

Rispetto ai metodi di II livello, quelli di III livello richiedono una conoscenza molto approfondita dei modelli teorici e delle procedure numeriche, oltre che delle caratteristiche del sottosuolo. Si sottolinea come un uso inappropriato degli strumenti di calcolo più sofisticati ovvero una conoscenza inadeguata del sottosuolo può portare invece a zonazioni sismiche decisamente erranee.

Per poter procedere con le analisi numeriche di III livello è necessario utilizzare come segnale di input gli accelerogrammi o gli spettri di risposta elastici messi a disposizione dalla Regione Marche (in particolare si può fare riferimento alle ricerche effettuate dalla Protezione Civile Regionale sui diversi centri abitati della regione Marche: Fabriano, Cagli, Treia, Serra de' Conti, Offida, Senigallia, ecc.). Tali segnali sono costituiti dal segnale sismico al bedrock di riferimento, la cui ampiezza e il cui contenuto in frequenza dipendono dalle caratteristiche del meccanismo della sorgente sismica, dalla magnitudo e dal percorso sorgente-sito compiuta dalle onde sismiche.

I programmi di calcolo disponibili per l'esecuzione delle modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale differiscono per le ipotesi semplificate in relazione alla geometria del problema ed al modello costitutivo assegnato al terreno, e per l'algoritmo di calcolo utilizzato. La scelta del programma di calcolo (per citarne alcuni: SHAKE, BESOIL, ecc.; gli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica" del Dipartimento della Protezione civile, riportano una ampia disamina dei vari programmi di calcoli utilizzabili) è di fondamentale importanza e deve essere commisurata al grado di dettaglio acquisito in merito ai cosiddetti parametri di input dell'analisi (geometria e stratificazione del sottosuolo, proprietà dei materiali e moto sismico). Una scelta inadeguata porta a valutazioni approssimative, a volte del tutto sbagliate.

### **5.3.3 Elaborati da produrre**

Il prodotto finale delle analisi di III livello è costituito dai seguenti elaborati:

- Carta delle indagini;
- Carta di microzonazione sismica con approfondimenti;
- Relazione illustrativa.

Nella Carta delle indagini dovrà essere indicato:

- l'ubicazione delle indagini pregresse;
- l'ubicazione e la tipologia delle nuove indagini eseguite per la realizzazione del III livello di

approfondimento.

La Carta di microzonazione sismica con approfondimenti dovrà invece riportare:

- la perimetrazione dettagliata delle aree oggetto d'indagine;
- gli spettri di risposta riferiti a tali aree, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento  $\zeta = 5\%$  e le mappe di amplificazione in termini di:
  - $PGA/PGA_0$ ;
  - $SI/SI_0$

La Relazione illustrativa dovrà contenere tutti i risultati delle indagini e delle prove eseguite per la definizione del modello geologico del sottosuolo e della caratterizzazione geotecnica dei terreni, sia in campo statico che dinamico.

Nel caso di interventi ricadenti in aree instabili e potenzialmente instabili, nonché in quelle suscettibili di liquefazione e cedimenti, dovranno essere forniti elaborati con la quantificazione dei potenziali movimenti franosi e dei cedimenti attesi, per la cui valutazione si potranno adottare le procedure di riferimento riportate negli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica” del Dipartimento della Protezione civile.

In relazione dovrà essere riportata la descrizione dettagliata dei procedimenti e dei codici di calcolo utilizzati, nonché i criteri per la definizione del bedrock sismico.

Come per i livelli 1 e 2 la tabella sottostante riporta una sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti previste nel Livello3, utile come standard di lavoro.

Indagini	Campagne di acquisizione dati sismometrici, sondaggi, prove in foro e in superficie per la determinazione del profilo di Vs, sismica a rifrazione, prove geotecniche in sito e di laboratorio, microtremori.
Elaborazioni	Analisi numeriche 1D e 2D per amplificazioni, analisi dinamiche complete per la stima delle deformazioni permanenti.
Prodotti	Carta delle indagini Carta della microzonazione sismica con approfondimenti Relazione illustrativa della carta di microzonazione sismica con approfondimenti

Di seguito viene riportata una sintesi dei criteri per le modalità di presentazione dei dati, delle metodologie di elaborazione e dei risultati, finalizzati a:

- rendere confrontabili tutti gli studi di MS di aree diverse,
- facilitare il controllo e la validazione da parte dei soggetti competenti,
- facilitare l'uso degli studi e l'individuazione di riferimenti bibliografici per il progettista e il pianificatore.

Le relazioni che riportano gli studi dovranno avere la seguente struttura, con contenuti differenziati in funzione del livello di approfondimento:

1. Introduzione	Finalità degli studi, descrizione generale dell'area, definizione della cartografia di base, foto aeree, immagini da satellite, elenco archivi consultati.
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	Metodologia di calcolo, sismicità storica, carte di pericolosità di base, eventuali registrazioni accelerometriche, faglie attive. Questo capitolo è scritto tenendo conto dei dati di base, delle metodologie e dei risultati degli studi messi a disposizione dalle Regioni o dagli enti o Istituti delegati.
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area	Caratteristiche litostratigrafiche, assetto geologico strutturale, assetto geomorfologico, sezioni geologiche e relative cartografie.
4. Dati geotecnici e geofisici	Parametri geotecnici statici e dinamici, unità geotecniche e geofisiche. Specificazione dei dati pregressi e di quelli realizzati ex novo.
5. Modello del sottosuolo	Integrazione tra i dati raccolti.
6. Interpretazioni e incertezze	Identificazione delle fonti dei dati, rappresentatività e incertezze, punti forti e deboli, programmazione per future indagini.
7. Metodologie di elaborazione e risultati	Elaborazione dei dati di base per: amplificazioni; instabilità di versante; liquefazioni; stima di cedimenti differenziali; faglie attive e capaci.
8. Elaborati cartografici: Carta delle indagini; Carta delle aree suscettibili di effetti locali; Carta di microzonazione sismica.	Modalità di realizzazione delle carte, grado di attendibilità dei risultati e incertezze. Per le Regioni che richiederanno confronti con la normativa nazionale, discussione sui risultati per questo tema.
9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati	Se disponibili, confronti con la distribuzione di danni per eventi passati, note sulla vulnerabilità delle strutture coinvolte.
10. Bibliografia	
11. Allegati	



## **5. VALIDAZIONE**

In sintonia con quanto riportato negli “Indirizzi e Criteri la Microzonazione Sismica” del Dipartimento della Protezione Civile, gli studi di MS devono essere validati prima della loro adozione da un soggetto con competenze multidisciplinari adeguate per verificare il rispetto dei requisiti dettati dagli indirizzi e criteri adottati dalla Regione.

Il soggetto validatore, individuato da parte della Regione Marche, dovrà essere necessariamente scelto in coerenza con l’attribuzione di funzioni nei settori della pianificazione territoriale ed urbanistica e di controllo sull’applicazione della normativa tecnica.

Nel caso in cui il soggetto validatore non possa assolvere tale compito con i propri uffici tecnici, verrà individuato un soggetto esterno, quale una Università od un Ente di Ricerca.

Al fine di garantire l’uniformità dei risultati e l’omogeneizzazione dei dati di MS per i comuni localizzati al confine con la regione Marche, è opportuno che le regioni interessate definiscano sedi e modalità di coordinamento e confronto.

## **6. AGGIORNAMENTO DEI DATI E DEI RISULTATI, BANCA DATI E GIS**

Come precedentemente ricordato, gli studi di MS necessitano di aggiornamenti, anche sulla base del fatto del continuo miglioramento delle tecnologie di indagine, per i seguenti motivi:

- a seguito di un evento sismico, sulla base delle analisi sulla distribuzione dei danni (con redazione di schede tecniche);
- a seguito di importanti campagne di acquisizione dati (es. costruzione di opere strategiche);
- a seguito di nuove determinanti scelte strategiche o di localizzazione nella pianificazione territoriale e urbanistica o nella pianificazione per l’emergenza.

Analogamente a quanto sopra, ed in sintonia con quanto riportato negli “Indirizzi e Criteri la Microzonazione Sismica” del Dipartimento della Protezione Civile, poiché gli studi di MS richiedono l’acquisizione dei dati già disponibili, è necessario che la Regione Marche operi attraverso la realizzazione di una banca-dati georeferenziata (attraverso un sistema GIS), in modo tale da mantenere sempre aggiornata la banca-dati stessa, a seguito degli studi e ricerche che verranno eseguiti sul territorio regionale, in quanto gli stessi studi di MS prevedono l’analisi critica dei dati pregressi e l’esecuzione di nuove indagini, costituendo quindi occasione di aggiornamento dei database informatici.

## ALLEGATO 1

### ***Aspetti geologi e geomorfologici in grado di determinare effetti locali (primo livello di approfondimento)***

Le più comuni caratteristiche fisiche del territorio in esame che, in caso di eventi sismici, possono determinare effetti locali (amplificazioni del segnale sismico, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, cedimenti, rotture del terreno, ecc.) sono le seguenti:

- ♦ *Depositi che possono determinare amplificazione (spessore > 5m):*
  - detriti di versante (cono detritico e falda detritica, depositi eluvio-colluviali,);
  - depositi di massa s.l.,
  - depositi morenici, depositi di geliflusso;
  - detriti di conoide alluvionale;
  - depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;
  - depositi fluvio-lacustri,
  - riporti antropici poco addensati;
  - substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore  $\geq 5$ m);
  - litotipi del substrato con  $V_s < 800$  m/s.
- ♦ *Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:*
  - creste, cocuzzoli, dorsali allungate, scarpate sub-verticali naturali e/o antropiche, versanti con acclività  $> 15^\circ$  e altezza  $\geq 30$ m.
- ♦ *Depositi suscettibili di liquefazione e cedimenti:*
  - depositi granulari fini con livello superiore della falda acquifera a profondità minore di 15m dal p.c., con composizione granulometrica che ricade nelle fasce critiche indicate nelle figure 7.11.1 a) e b) di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
  - depositi (spessore  $\geq 5$  m) di terreni granulari sciolti o poco addensati ( $N_{SPT} < 15$ ) o di terreni coesivi poco consistenti ( $c_u < 70$  kPa).
- ♦ *Aree soggette ad instabilità di versante:*
  - aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi;
  - aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o

attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività  $> 15^\circ$ ; versanti prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati con acclività  $> 15^\circ$ ; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del fenomeno franoso; scarpate sub-verticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo delle scarpate).

- ♦ *Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:*
  - contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse;
  - cavità sepolte.

Molte delle informazioni sopra richieste possono essere derivate direttamente da una dettagliata cartografia geomorfologica e geologica, corredata da profili geo-litologici e logs stratigrafici che descrivano l'assetto e la stratigrafia anche del sottosuolo.

Tali dati, raccolti nell'ambito di rilevamento geologico e di cartografia e derivanti da attività progettuali svolte sul territorio regionale, andranno a creare la banca-dati georeferenziata che la Regione stessa renderà di libero accesso.

Per la realizzazione della cartografia delle aree suscettibili di effetti locali e per la caratterizzazione del comportamento sismico sono di estrema utilità anche la carta dei litotipi affioranti e la carta della profondità dal piano campagna del livello della falda superficiale.

Le carte geologiche, geomorfologiche, litologiche, dello spessore delle coperture e della profondità della falda costituiscono quindi la necessaria base informativa e perciò si raccomanda che tali carte siano sempre allegate a corredo della "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" e della Relazione (come citato al par. 5.1.3).