



Regione Toscana

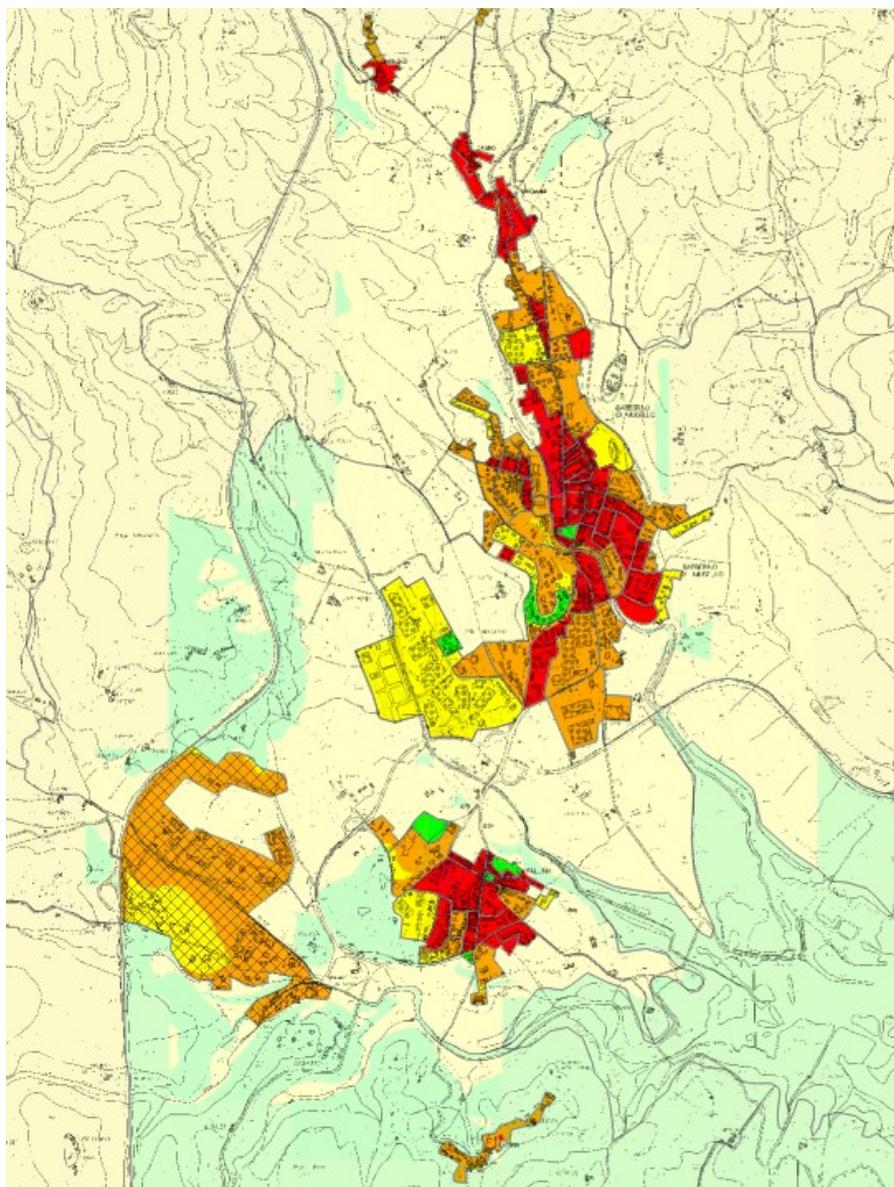
Settore Sismica  
Prevenzione sismica



# IL RISCHIO SISMICO IN TOSCANA

## Valutazione del rischio sismico in Toscana

### Modello sintetico a scala comunale e urbana LIVELLO 1 - 2



2019

a cura di Maurizio Bacci e Massimo Di Marco  
SETTORE SISMICA – Prevenzione Sismica  
REGIONE TOSCANA

## IL RISCHIO SISMICO IN TOSCANA

### Valutazione del rischio sismico in Toscana. Modello sintetico a scala comunale e urbana.

#### Premessa

Per la valutazione del rischio sismico a scala territoriale è stato sviluppato un metodo speditivo semplificato che consente la definizione delle aree esposte a rischio per la pianificazione territoriale e quale criterio di priorità di azioni di prevenzione, con riferimento a quanto previsto nel Regolamento 53/R per l'attuazione dell'articolo 62 della L.R. 65/2014 (Norme per il governo del territorio).

La valutazione del rischio sismico a grande scala è un'operazione complessa. Il modello proposto si pone l'obiettivo di definire il grado di rischio sulla base di 4 classi per ciascuna unità minima di rappresentazione in funzione dei dati disponibili e in funzione della scala territoriale di riferimento, rendendo confrontabili i risultati per ogni livello di approfondimento.

Ciascun parametro di valutazione preso in esame contribuisce a definire un modello a matrice il cui risultato finale è l'assegnazione di una classe di rischio. E' possibile configurare il sistema a seconda dei dati a disposizione, individuando comunque una serie di valori di base a carattere statistico che possono essere implementati e modificati con ulteriori approfondimenti (Livello 0 e 1). A sua volta il livello di conoscenza può aumentare nel caso di studi di maggior dettaglio su specifiche aree omogenee, definendo il grado di rischio secondo lo stesso modello di riferimento confrontabile per ogni area territoriale (Livello2).

Per la messa a punto del modello si è proceduto per approssimazioni successive, attraverso la verifica dei risultati ottenuti, così da controllare il processo. Sono state attivate diverse fasi:

- a) in primo luogo è stata definita la scala territoriale e le aree minime di studio per ciascun Livello di conoscenza;
- b) per ogni fattore di rischio: Pericolosità, Esposizione e Vulnerabilità, sono stati definiti gli indicatori che li caratterizzano e i rispettivi valori di riferimento sulla base dei dati a disposizione;
- c) dall'analisi dei dati raccolti sono state determinate le soglie significative per l'individuazione delle diverse classi per ciascun fattore di rischio;
- d) è stata predisposta una matrice di rischio dalla combinazione delle classi di ciascun fattore che ha permesso di determinare il grado di rischio sulla base di 4 classi;
- e) sono state elaborate su GIS le mappe del Rischio sismico in Toscana e di ciascun fattore di rischio.

I Livelli di approfondimento sono di seguito descritti.

#### Livello 0

A scala regionale è stato prodotto uno studio per la valutazione del rischio sismico relativa a ciascun comune, utilizzando un modello speditivo di tipo statistico (dati Istat) in combinazione con la pericolosità sismica di base, che tiene conto dei fattori di rischio e rappresenta un riferimento per gli studi di Livello successivo a scala di maggior dettaglio.

Per la **pericolosità** sismica si è fatto riferimento alla pericolosità di base di ciascun comune.

Per l'**esposizione** si è fatto riferimento alla media ponderata della popolazione e degli edifici.

Per la **vulnerabilità** si è fatto riferimento allo sviluppo edilizio in relazione alla storia della classificazione sismica del comune.

#### Livello 1

A scala comunale, per la valutazione del rischio sismico, è stato elaborato un modello speditivo e semplificato di tipo statistico (dati Istat) o anche di rilievo diretto, in combinazione con la pericolosità sismica di base, che tiene conto dei fattori di rischio per ciascuna area omogenea che, nel presente studio, è riferita alle sezioni di censimento Istat.

Per la **pericolosità** sismica si fa riferimento alla pericolosità di base di ciascuna sezione di censimento.

Per l'**esposizione** si fa riferimento alla combinazione della popolazione e degli edifici, tenuto conto anche delle caratteristiche produttive e funzionali, laddove presenti.

Per la **vulnerabilità** si fa riferimento alle caratteristiche intrinseche degli edifici, come ad esempio l'epoca di costruzione, l'altezza, la tipologia costruttiva, ecc. e alla vulnerabilità urbana nel suo complesso.

#### Livello 2

A scala urbana il modello potrà tenere conto, oltre alle valutazioni di cui al Livello 1, anche dell'utilizzo di

informazioni e dati analitici, o rilevati direttamente. Le aree minime di riferimento terranno conto degli studi di dettaglio.

Per la **pericolosità** sismica si farà riferimento oltre che alla pericolosità di base come descritto per il Livello 1, anche agli studi di microzonazione sismica utili per determinare la pericolosità locale nelle aree urbanizzate.

Per quanto riguarda l'**esposizione** si farà riferimento, oltre che alle valutazioni del Livello 1, anche ai risultati di studi di dettaglio su aree omogenee, elementi puntuali o sistemi infrastrutturali, anche di tipo statistico, inerenti la popolazione, gli edifici, fattori economici, funzioni e servizi, beni culturali, ecc.

Per quanto riguarda la **vulnerabilità** si farà riferimento, oltre alle valutazioni del Livello 1, anche ai risultati di studi su aree omogenee per tipologie edilizie, di analisi a campione su singoli edifici, su valutazioni generali dei centri urbani, che consentano di definire valutazioni di vulnerabilità edilizia o urbana di maggior dettaglio.

## Pericolosità Sismica

La Pericolosità sismica è la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga).

### Livello 1

In questo ambito la Classe di Pericolosità sismica (**P**) è riferita alla Pericolosità di base massima di ciascuna sezione di censimento.

Per Pericolosità di base si intende l'accelerazione orizzontale massima del terreno in condizioni di suolo rigido e pianeggiante ( $A_g$ ), per tempo di ritorno pari a 475 anni, così come riportato al par.3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M.14.1.2008.

Sono state individuate 4 Classi di Pericolosità di base (**P**) in funzione di valori di  $A_g$  significativi che individuano a partire dal valore 0,150 g zone con pericolosità medio alta e medio bassa. In presenza di accelerazioni molto superiori (>0,200 g) o molto inferiori (< 0,125 g) sono state individuate zone a pericolosità alta o bassa.

Tab. 1

| Pericolosità sismica di base | Valori di $A_g$                                    | Classe di Pericolosità ( <b>P</b> ) |
|------------------------------|--|-------------------------------------|
| alta                         | superiori a 0,200g                                 | 4                                   |
| medio-alta                   | superiori a 0,150 g e inferiori o uguali a 0,200 g | 3                                   |
| medio-bassa                  | superiori a 0,125 g e inferiori o uguali a 0,150 g | 2                                   |
| bassa                        | inferiori o uguali a 0,125 g                       | 1                                   |

### Livello 2

Per la valutazione della Pericolosità sismica di Livello 2, si farà riferimento alla combinazione tra la Classe di Pericolosità determinata come sopra (Tab. 1) e l'Indice di Pericolosità sismica locale (**I<sub>ploc</sub>**) definita dagli studi di Microzonazione sismica disponibili, e suddivisa in 4 Indici in riferimento al Tipo di effetto locale descritto in fondo al paragrafo (Tab. 2).

Tab. 2

| Pericolosità sismica locale | Tipo di effetto locale  | Indice di Pericolosità locale ( <b>I<sub>ploc</sub></b> ) |
|-----------------------------|---|---|
| molto elevata               | zone instabili (classe S4)  | 4   |
| elevata                     | zone stabili suscettibili di amplificazione con alto contrasto di impedenza sismica e altre tipologie di terreni (S3) | 3   |
| media                       | zone stabili suscettibili di amplificazione (classe S2)   | 2   |
| bassa                       | zone stabili (classe S1)  | 1   |

### Classe di Pericolosità sismica

La classe di pericolosità **sismica (P)**, a livello 2 (vedi Tab 3 e 4), può assumere valori compresi tra 1 e 4, ottenuta dalla combinazione della Classe di Pericolosità di base (Tab. 1) e l'Indice di Pericolosità locale (**I<sub>ploc</sub>**) (tab. 2).

$$IP = P + I_{ploc}$$

Tab. 3

| Pericolosità sismica | Valore di IP | Classe di Pericolosità ( <b>P<sub>2</sub></b> ) |
|----------------------|--------------|---|
| alta                 | $IP \geq 6$  | 4   |
| medio-alta           | $IP = 5$     | 3   |
| medio-bassa          | $IP = 4$     | 2   |
| bassa                | $IP \leq 3$  | 1   |

Tab. 3a

| Pericolosità sismica | Descrizione delle Aree  | Classe di Pericolosità sismica |
|----------------------|---|--------------------------------|
| alta                 | Ag>0,20g eccetto le zone stabili (S1);<br>0,15g<Ag<=0,20g con zone instabili (S4) o zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3);<br>0,125g<Ag<=0,15g con zone instabili (S4)                           | 4                              |
| medio-alta           | Ag>0,20g con zone stabili (S1);<br>0,15g<Ag<=0,20g con zone stabili con amplificazione (S2);<br>0,125g<Ag<=0,15g con zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3)<br>Ag<=0,125g con zone instabili (S4) | 3                              |
| medio-bassa          | 0,15g<Ag<=0,20g con zone stabili (S1);<br>0,125g<Ag<=0,15g con zone stabili con amplificazione (S2)<br>Ag<=0,125g con zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3)                                      | 2                              |
| bassa                | 0,125g<Ag<=0,15g con zone stabili (S1);<br>Ag<=0,125g e zone stabili (S1) o stabili con amplificazione (S2);  | 1                              |

Combinazione delle Classi di Pericolosità sismica di base e degli Indici di Pericolosità locale per la determinazione della Classe di Pericolosità di Livello 2.

Tab. 4

|                             |          | Pericolosità sismica di base |          |          |          |
|-----------------------------|----------|------------------------------|----------|----------|----------|
|                             |          | Classe 4                     | Classe 3 | Classe 2 | Classe 1 |
| Pericolosità sismica locale | Indice 4 | Classe 4                     | Classe 4 | Classe 4 | Classe 3 |
|                             | Indice 3 | Classe 4                     | Classe 4 | Classe 3 | Classe 2 |
|                             | Indice 2 | Classe 4                     | Classe 3 | Classe 2 | Classe 1 |
|                             | Indice 1 | Classe 3                     | Classe 2 | Classe 1 | Classe 1 |

#### Descrizione del Tipo di suolo

##### Pericolosità sismica locale

Per la definizione delle classi di pericolosità sismica locale si fa riferimento alle definizioni agli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 come di seguito riportato.

##### Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):

- aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, tali cioè da poter creare deformazione in superficie;
- terreni suscettibili di liquefazione dinamica accertati mediante indagini geognostiche oppure notizie storiche e/o studi preesistenti
- zone interessate da instabilità di versante attive e relativa zona d'influenza, tali pertanto da subire un'accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici;

##### Pericolosità sismica locale elevata (S.3):

- zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;
- zone potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, cioè caratterizzate da terreni per i quali sulla base delle informazioni disponibili non è possibile escludere il rischio di liquefazione;
- zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna;
- zone interessate da instabilità di versante quiescente e relative zona d'influenza, che pertanto potrebbero subire una riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici;

##### Pericolosità sismica locale media (S.2):

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15°);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3;

##### Pericolosità sismica locale bassa (S.1):

- zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15°) dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.



A ciascun **Valore d'epoca** ( $V_{\text{epoca}}$ ), è associato un indice come di seguito indicato:

Tab. 6

| <b>Valore d'epoca</b>           | <b>Indice d'epoca</b> |
|---------------------------------|-----------------------|
| $V_{\text{epoca}} \geq 90$      | 4                     |
| $70 \leq V_{\text{epoca}} < 90$ | 3                     |
| $50 \leq V_{\text{epoca}} < 70$ | 2                     |
| $V_{\text{epoca}} \leq 50$      | 1                     |

I valori di soglia di tra le varie fasce sono stati determinati suddividendo in quartili l'insieme dei dati riferiti alle sezioni di censimento della Toscana.

## 2) Tipologia strutturale

Per tenere conto delle valutazioni di vulnerabilità degli edifici in relazione alla tipologia strutturale, si è considerato che l'edificato ordinario toscano è costituito prevalentemente da strutture in muratura, determinando di conseguenza le variazioni di seguito esposte.

Si è valutata una minore vulnerabilità delle strutture in calcestruzzo armato. In generale tale tipologia si riferisce a edifici più recenti che quindi sono costruiti in linea generale rispettando le norme edilizie emanate a partire dagli anni '70, pertanto, nei casi in cui la sezione di censimento comprende la maggior parte di edifici di questo tipo, si è diminuito l'Indice di base (-1).

Si evidenzia che i dati Istat non consentono di aggregare i dati relativi all'epoca costruttiva con la tipologia strutturale e che pertanto si è calcolato il rapporto tra gli edifici in c.a. (o altra tipologia diversa dalla muratura) rispetto al totale per ciascuna sezione di censimento. La soglia limite per diminuire l'Indice di base è stata fissata nella misura del 75%

Tab. 7

| <b>Rapporto edifici in CA sul totale</b>           | <b>Indice di tipologia (<math>I_t</math>)</b> |
|--|---|
| Superiore al 75% ( $C.A./Tot > 0,75$ )             | -1  |
| Inferiore o uguale al 75% ( $C.A./Tot \leq 0,75$ ) | 0   |

### 3) Altezza degli edifici

L'altezza viene valutata in relazione al numero dei piani indicati per ciascun edificio residenziale, così come disponibili dal censimento Istat.

Per ogni sezione di censimento è calcolato un **Valore di altezza** ( $V_{\text{altezza}}$ ) medio che risulta dalla seguente formula:

$$V_{\text{altezza}} = \frac{\sum N_{\text{edif}} \times K_p}{N_{\text{edif tot}}}$$

$N_{\text{edif}}$  = numero edifici con lo stesso numero di piani  
 $K_p$  = Coefficiente di piano  
 $N_{\text{edif tot}}$  = numero totale edifici della sezione di censimento

Il **coefficiente di piano** ( $K_p$ ) fa riferimento ad uno studio a cura dell'Istat (J. Corradi et altri, Istat 2014) relativo alle metodologie di sintesi e analisi del territorio per la costruzione di indicatori di vulnerabilità, secondo la seguente funzione:

$$K_p = 1 - 2^{-(n-1)} \quad n = \text{numero di piani}$$

Tab. 8

| Altezza in piani | Coefficiente di piano ( $K_p$ ) |
|------------------|---------------------------------|
| $\geq 4$         | 0,875                           |
| 3                | 0,750                           |
| 2                | 0,500                           |
| 1                | 0                               |

Determinati i **Valori di altezza** per ogni sezione di censimento, è stato associato un Indice di altezza in relazione al numero medio di piani superiore a 2, come di seguito indicato.

Tab. 9

| Valori di altezza ( $V_{\text{altezza}}$ )                     | Indice di Altezza |
|--|-------------------|
| $V_{\text{altezza}} > 0,500$ (superiore a 2 piani)             | 1                 |
| $V_{\text{altezza}} \leq 0,500$ (inferiore o uguale a 2 piani) | 0                 |

Il valore medio del Valore di altezza nelle sezioni di censimento in Toscana è di circa 0,5 (che corrisponde a 2 piani) e rispetto a tale valore è individuata la soglia dell'indice di Altezza.

### 4) Vulnerabilità urbana

Tra i fattori di vulnerabilità sismica si è tenuto conto anche della vulnerabilità urbana volendo tener conto delle possibili interazioni significative tra gli edifici e della presenza probabile di infrastrutture ed edifici importanti.

Tale informazione si è ricavata dalla destinazione d'uso della sezione di censimento (tipo di località definita dall'Istat) attribuendo minor vulnerabilità urbana alle sezioni di censimento definite "case sparse" ed individuate attraverso la località Istat (codice 4).

A ciascun **Indicatore di densità urbana** ( $Id$ ), è associato un Indice di densità come di seguito indicato:

Tab. 10

| Destinazione d'uso delle aree               | Indice di destinazione produttiva |
|---|-----------------------------------|
| Case sparse (Istat Cod. loc 4)              | - 2                               |
| Aree urbanizzate (Istat Cod. loc. 1, 2 e 3) | 0                                 |

### 5) Tipologia costruttiva (edifici a "grande luce")

La valutazione della maggiore vulnerabilità degli edifici con tipologia costruttiva "a grande luce" (es. capannoni industriali), non essendo disponibili dati statistici puntuali sui singoli edifici, ma informazioni prevalentemente sull'edificato residenziale, è stata ottenuta incrementando l'indice di base nelle sezioni di censimento a destinazione produttiva. Le aree produttive sono individuate attraverso la località Istat (codice 3).

Tab. 11

| Destinazione d'uso delle aree             | Indice di tipologia costruttiva a "grande luce" |
|---|---|
| Aree produttive (Istat Cod. loc 3)        | 1   |
| Aree abitative (Istat Cod. loc. 1, 2 e 4) | 0   |

## 6) Storia della classificazione sismica

Tra i fattori di vulnerabilità sismica si è tenuto conto anche della storia della classificazione sismica per incrementare la vulnerabilità nelle zone sismiche 2 in cui la classificazione è avvenuta recentemente, in particolare è avvenuta dopo il 2003. Nelle sezioni di censimento dei comuni sopra descritti, l'Indice di vulnerabilità è incrementato (+1) per considerare che le strutture presentano un maggior "gap" della prestazione sismica rispetto alle altre aree.

Tab. 12

| Valori dell'Indicatore di classificazione sismica (Ic)                      | Indice di classificazione |
|---|---------------------------|
| zona sismica 2 con classificazione dopo il 2003                             | 1                         |
| zona sismica 2 con classificazione precedente al 2003<br>zona sismica 3 o 4 | 0                         |

## Classe di vulnerabilità sismica

La **Classe di Vulnerabilità (V)** per ogni sezione di censimento assume valori compresi tra 1 e 4, derivanti dalla somma degli Indici dei vari fattori di vulnerabilità presi in esame. Valori superiori a 4 sono da considerare equivalenti a 4.

Tab. 13

| Vulnerabilità sismica | Valori di Iv | Classe di Vulnerabilità sismica (V) |
|-----------------------|--------------|-------------------------------------|
| alta                  | $Iv \geq 4$  | 4                                   |
| medio-alta            | $Iv = 3$     | 3                                   |
| medio-bassa           | $Iv = 2$     | 2                                   |
| bassa                 | $Iv \leq 1$  | 1                                   |

Determinazione dell'Indice di vulnerabilità (Iv):

$$Iv = Ie + (It + Ia + Iu + Id + Ic)$$

## Livello 2

Per quanto riguarda la **vulnerabilità sismica** dei centri urbani, finalizzata alla realizzazione o aggiornamento degli strumenti urbanistici, si potrà fare riferimento, oltre alle valutazioni del Livello 1, anche ai risultati di eventuali analisi e studi di dettaglio su aree omogenee, individuate come zone comunali o sub-comunali (comparti), caratterizzate da omogeneità del tessuto edilizio per età di primo impianto e/o tecniche costruttive e strutturali, eventualmente integrati con analisi puntuali, mediante l'ausilio di monitoraggi sismici e metodologie per la valutazione dinamica delle strutture, su singoli edifici rappresentativi delle suddette aree. Tali valutazioni sono rivolte sia alla validazione dei risultati statistici e sintetici del Livello 1, che alla descrizione con maggior accuratezza e dettaglio della vulnerabilità edilizia o urbana.

In particolare l'obiettivo di tali valutazioni approfondite deve essere quello di suddividere i centri urbani in aree a vulnerabilità omogenea alle quali attribuire una delle 4 classi di vulnerabilità come previsto per il Livello 1.

## Esposizione sismica

L'esposizione sismica è connessa con la natura, qualità e quantità dei beni esposti ed esprime la possibilità di subire un danno economico e sociale, sia in termini di vite umane che in termini di beni esposti.

### Livello 1

L'esposizione sismica è qui suddivisa in 4 classi e stimata, per ciascuna sezione di censimento Istat, in forma qualitativa, a partire dai dati statistici disponibili forniti dall'Istat relativi a popolazione residente e numero di edifici e alla destinazione d'uso dell'area (abitativa e produttiva), ai quali sono stati associati degli Indici.

#### a) Densità abitativa

Per ogni sezione di censimento Istat è stato calcolato un **Indicatore di Esposizione (IEs)** sulla base della media tra la popolazione residente e il numero di edifici totali in rapporto alla superficie espressa in ettari ponderata (si consulti a tal proposito l'Ordinanza della P.C.M. 12/06/1998).

Il valore di esposizione è calcolato secondo la seguente formula:

$$I_{densità} = \frac{N_{pop} \frac{2}{3} + N_{edif} \frac{1}{3}}{Area}$$

$N_{pop}$  = popolazione totale residente per area omogenea

$N_{edif}$  = numero totale degli edifici per area omogenea

Area = area della sezione di censimento espressa in ettari (ha)

Tab. 14

| Esposizione sismica | Valori di densità abitativa  | Indice di densità abitativa |
|---------------------|--|-----------------------------|
| alta                | superiori al primo quartile della Toscana (IEs $\geq 56$ )                           | 4                           |
| medio-alta          | superiori al valore mediano in Toscana fino al terzo quartile ( $24 \leq IEs < 56$ ) | 3                           |
| medio-bassa         | inferiori al valore mediano in Toscana fino al primo quartile ( $10 \leq IEs < 24$ ) | 2                           |
| bassa               | inferiori al primo quartile della Toscana (IEs $< 10$ )                              | 1                           |

I valori di soglia sono stati determinati suddividendo in quartili l'insieme dei dati riferiti alle sezioni di censimento delle località abitate con esclusione di quelle prive di popolazione e edifici.

#### b) Aree a destinazione produttiva

Nelle aree produttive l'Indice di densità abitativa è maggiore è incrementato di 2 punti, per tener conto che la popolazione residente e il numero di edifici sono molto inferiori alle aree abitative, ma che in tali aree sono presenti attività economiche, lavoratori e beni con elevata importanza per l'esposizione sismica.

Tab. 15

| Destinazione d'uso delle aree             | Indice di destinazione produttiva |
|---|-----------------------------------|
| Aree produttive (Istat Cod. loc 3)        | 2                                 |
| Aree abitative (Istat Cod. loc. 1, 2 e 4) | 0                                 |

Determinazione dell'Indice di esposizione:

$$IEs = I_{densità} + I_{destinazione}$$

### Classe di esposizione sismica

La **Classe di Esposizione (E)** per ogni area esaminata può assumere valori compresi tra 1 e 4.

Tab. 16

| Esposizione sismica | Valori di Ies | Classe di Esposizione (E) |
|---------------------|---------------|---------------------------|
| alta                | Ies $\geq 4$  | 4                         |
| medio-alta          | Ies = 3       | 3                         |
| medio-bassa         | Ies = 2       | 2                         |
| bassa               | Ies = 1       | 1                         |

## **Livello 2**

Per quanto riguarda l'**esposizione sismica** dei centri urbani, finalizzata alla realizzazione o aggiornamento degli strumenti urbanistici, si potrà fare riferimento, oltre alle valutazioni del Livello 1, anche ai risultati di eventuali analisi e studi di dettaglio, puntuali o anche a campione, della esposizione su aree omogenee, inerenti popolazione, edifici, fattori economici, beni culturali, funzioni e servizi, attività, viabilità e altre infrastrutture.

Tali valutazioni sono rivolte sia alla validazione dei risultati statistici e sintetici del Livello 1, che alla descrizione con maggior accuratezza e dettaglio della esposizione sismica. In particolare trattasi di definire elementi di valutazione, mediante Indici di esposizione, suddividendo il territorio in aree omogenee in cui attribuire una delle 4 classi di esposizione così come indicato per il Livello 1.

## Rischio sismico

Tenendo conto delle suddette classificazioni relative alla Pericolosità (**P**), alla Vulnerabilità (**V**) e all'Esposizione (**E**) è determinata la **Classe di Rischio (R)** sulla base del valore dell'Indicatore di rischio (**IR**) che risulta dalla seguente formula:

$$IR = P + V + E$$

Tab. 17

| Rischio sismico | Valore di IR     | Classe di Rischio |
|-----------------|------------------|-------------------|
| alta            | $IR \geq 10$     | 4                 |
| medio-alta      | $8 \leq IR < 10$ | 3                 |
| medio-bassa     | $6 \leq IR < 8$  | 2                 |
| bassa           | $IR < 6$         | 1                 |

Per ciascuna combinazione di classe di P, V ed E è possibile determinare la classe di rischio. I valori di riferimento derivano dalla matrice di rischio di seguito riportata quale combinazione a due ingressi (classe di V ed E) in funzione del terzo fattore (classe di P).

### Matrici di Rischio

| Indice di R     |             | classe di V |            |             |       |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------|
| classe di P = 4 |             | 4           | 3          | 2           | 1     |
| classe di E     |             | alta        | medio-alta | medio-bassa | bassa |
| 4               | alta        | 4           | 4          | 4           | 3     |
| 3               | medio-alta  | 4           | 4          | 3           | 3     |
| 2               | medio-bassa | 4           | 3          | 3           | 2     |
| 1               | bassa       | 3           | 3          | 2           | 2     |

| Indice di R     |             | classe di V |            |             |       |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------|
| classe di P = 3 |             | 4           | 3          | 2           | 1     |
| classe di E     |             | alta        | medio-alta | medio-bassa | bassa |
| 4               | alta        | 4           | 4          | 3           | 3     |
| 3               | medio-alta  | 4           | 3          | 3           | 2     |
| 2               | medio-bassa | 3           | 3          | 2           | 2     |
| 1               | bassa       | 3           | 2          | 2           | 1     |

| Indice di R     |             | classe di V |            |             |       |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------|
| classe di P = 2 |             | 4           | 3          | 2           | 1     |
| classe di E     |             | alta        | medio-alta | medio-bassa | bassa |
| 4               | alta        | 4           | 3          | 3           | 2     |
| 3               | medio-alta  | 3           | 3          | 2           | 2     |
| 2               | medio-bassa | 3           | 2          | 2           | 1     |
| 1               | bassa       | 2           | 2          | 1           | 1     |

| Indice di R     |             | classe di V |            |             |       |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------|
| classe di P = 1 |             | 4           | 3          | 2           | 1     |
| classe di E     |             | alta        | medio-alta | medio-bassa | bassa |
| 4               | alta        | 3           | 3          | 2           | 2     |
| 3               | medio-alta  | 3           | 2          | 2           | 1     |
| 2               | medio-bassa | 2           | 2          | 1           | 1     |
| 1               | bassa       | 2           | 1          | 1           | 1     |

La valutazione del rischio sismico di Livello 2 prevede che tutti i fattori siano analizzati con un Livello 2 di approfondimento, come descritto in ciascun paragrafo.

**ELABORATI DA PRODURRE**

Gli elaborati tecnici da produrre a corredo della valutazione di Rischio Sismico a scala territoriale sono:

1. Cartografia della Pericolosità sismica, Vulnerabilità sismica, Esposizione Sismica, aree a Rischio Sismico
2. Relazione illustrativa che descriva la valutazione delle aree esposte al rischio sismico

Tali elaborati dovranno essere redatti secondo le specifiche riportate di seguito.

**Cartografia delle aree esposte al rischio sismico**

La rappresentazione grafica delle mappe a scala urbana relativa alla valutazione del rischio sismico tiene conto della seguente legenda:

| <b>Classe di Rischio</b> | <b>Campitura aree omogenee</b> |                     |                     |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| 4 alta                   | Rosso                          | (CMYK 0-100-100-0)  | (RGB 255 - 0 - 0)   |
| 3 medio - alta           | Arancio                        | (CMYK 0-35-100-0)   | (RGB 255 - 166 - 0) |
| 2 medio-bassa            | Giallo                         | (CMYK 0-0-100-0)    | (RGB 255 - 255 - 0) |
| 1 bassa                  | Verde                          | (CMYK 20- 0 - 30-0) | (RGB 0 - 255 - 0)   |

La suddetta cartografia, prodotta in formato pdf, deve essere rappresentata in scala 1:2.000 laddove disponibile la C.T.R. di base o altrimenti non superiore a 1:10.000. In ogni caso la scala deve essere opportuna alla rappresentazione di tutte le aree oggetto della valutazione di rischio con sufficiente dettaglio. Il sistema di riferimento cartografico deve essere in coordinate WGS84 fuso 32 Nord.

Deve essere consegnato uno shapefile unico per ogni comune, la cui struttura tabellare contiene i dati di base per ciascuna area omogenea del territorio urbanizzato, in cui sia presente un identificativo univoco progressivo di ciascuna area omogenea, la classe di pericolosità sismica (P), di vulnerabilità sismica (V), di esposizione sismica (E) e di rischio sismico (R ).

**Relazione descrittiva delle aree esposte a rischio sismico**

La Relazione descrittiva delle aree esposte a rischio sismico prodotta in formato pdf, deve contenere – in forma sintetica - indicazioni sul Livello di approfondimento raggiunto, sulla metodologia di valutazione dei fattori di rischio, sulle fonti dei dati presi in esame, sulle eventuali modifiche o approfondimenti rispetto ai risultati del livello1.

Devono inoltre essere descritte le principali caratteristiche delle aree esposte a maggior rischio, con particolare riferimento ad eventuali criticità rilevate.