

Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche.

Indice

1. Oggetto e ambito di applicazione
2. Direttive tecniche per la formazione del piano strutturale e delle relative varianti
 - 2.1. Contenuti delle indagini
 - A) Sintesi delle conoscenze.
 - B) Analisi ed approfondimenti.
 - B. 1) Elementi per la valutazione degli aspetti geologici
 - B. 2) Elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici
 - B. 3) Elementi per la valutazione degli aspetti geologico-tecnici
 - B. 4) Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici
 - B. 5) Elementi per la valutazione degli aspetti connessi alla risorsa idrica sotterranea
 - B.6) Elementi per la valutazione degli effetti sismici locali per la riduzione del rischio sismico
 - C) Valutazioni di pericolosità.
 - C. 1) Aree a pericolosità geologica
 - C. 2) Aree a pericolosità da alluvioni
 - C. 3) Aree a pericolosità sismica locale
 - 2.2. Elaborati delle indagini per il piano strutturale e relative varianti
3. Direttive per la formazione del piano operativo e delle relative varianti
 - 3.1 Aree esposte a rischio
 - 3.1.1 Aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali
 - 3.1.2 Aree ed elementi esposti a fenomeni geologici
 - 3.1.3 Aree a rischio sismico
 - A) Formazione del piano operativo e delle relative varianti generali
 - B) Territorio urbanizzato

- 3.2) Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici
 - 3.3) Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni
 - 3.4) Criteri generali di fattibilità in relazione alle alluvioni costiere
 - 3.5) Criteri generali di fattibilità in relazione a problematiche connesse alla risorsa idrica
 - 3.6) Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici
 - 3.7) Elaborati relativi alle indagini per il piano operativo e relative varianti
4. Direttive per la formazione dei piani attuativi

Allegato 1 - CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEI FATTORI DI RISCHIO SISMICO

1. PERICOLOSITÀ SISMICA

Livello 1

Livello 2

Classe di pericolosità sismica

2. VULNERABILITÀ SISMICA

Livello 1

Classe di vulnerabilità sismica

Livello 2

3. ESPOSIZIONE SISMICA

Livello 1

Classe di esposizione sismica

Livello 2

4. RISCHIO SISMICO

Matrici di Rischio

5. ELABORATI DA PRODURRE

Cartografia delle aree esposte al rischio sismico

Relazione descrittiva delle aree esposte a rischio sismico

Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche

1. Oggetto e ambito di applicazione

In sede di formazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, i comuni effettuano le indagini geologiche, idrauliche e sismiche, d'ora in poi denominate "indagini", di cui all'articolo 2 del regolamento, verificando la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, in coerenza con i piani di bacino ed evidenziando le aree che risultano esposte ai rischi connessi, al fine di accertare i limiti ed i vincoli che possono derivare dalle situazioni di pericolosità e di rischio riscontrate e di individuare le condizioni che garantiscono la fattibilità degli interventi di trasformazione.

2. Direttive tecniche per la formazione del piano strutturale e delle relative varianti

1. Il piano strutturale evidenzia e tiene conto dei fattori di pericolosità connessi alle caratteristiche fisiche del territorio, al fine di:

- a) valutare gli elementi disponibili, nonché le criticità esistenti, desumibili dai piani di bacino, dalle banche dati regionali, nonché dagli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica già approvati, rispetto agli aspetti geologici, idraulici e sismici;
- b) valutare le condizioni ed i limiti di trasformabilità del territorio.

2.1. Contenuti delle indagini

Le indagini per la predisposizione del piano strutturale si articolano in:

- A) Sintesi delle conoscenze;
- B) Analisi ed approfondimenti;
- C) Valutazioni di pericolosità.

A) Sintesi delle conoscenze

La sintesi delle conoscenze comprende la raccolta della documentazione relativa al quadro conoscitivo esistente oppure come esso risulta in base ai piani di bacino, al PIT, alle banche dati regionali, ai piani territoriali di coordinamento provinciali ed è finalizzato ad inquadrare le problematiche ed i vincoli presenti sul territorio.

B) Analisi e approfondimenti

Gli approfondimenti sono quelli ritenuti necessari per dare completezza, integrare ed aggiornare le conoscenze sugli aspetti geologici, geomorfologici, sismici, idraulici, caratterizzanti l'intero territorio comunale. Nel caso di territori intercomunali gli approfondimenti saranno condotti con criteri finalizzati a garantire omogeneità di approccio. L'analisi consente di individuare le problematiche presenti che sono di norma rappresentate in scala 1:10.000.

B. 1) Elementi per la valutazione degli aspetti geologici

E' assunta come base di riferimento dello studio geologico la cartografia geologica regionale alla scala 1:10.000 di cui all'articolo 56 della l.r. 65/2014. Gli elaborati sono corredati da sezioni geologiche opportunamente localizzate rappresentative del contesto geologico.

Approfondimenti rispetto alla cartografia geologica regionale sono svolti nelle aree del territorio urbanizzato o aree destinate ad infrastrutture o trasformazioni di particolare rilevanza, qualora la complessità del contesto geologico lo richieda.

Nei comuni classificati sismici, ad esclusione di quelli in zona 4, la caratterizzazione geologica tiene conto anche delle finalità di microzonazione sismica, di seguito denominate "MS", descritte nel paragrafo B.6.

B. 2) Elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici

Sulla base delle informazioni geomorfologiche disponibili nei piani di bacino e nelle banche dati regionali, nonché delle informazioni presenti negli strumenti di pianificazione comunale approvati e tenuto conto di eventuali e specifici indirizzi tecnici dettati dalla pianificazione di bacino e degli standard regionali di rappresentazione approvati con decreto dirigenziale 10 aprile 2017, n.4505 (Approvazione delle "Specifiche tecniche per la strutturazione, la codifica e l'acquisizione in formato digitale delle cartografie della Banca Dati Geomorfologica della Regione Toscana"), sono analizzate le forme ed i processi geomorfologici legati, in particolare, alla dinamica di versante, alla dinamica fluviale e alla dinamica costiera, valutandone il relativo stato di attività, nel rispetto dei seguenti criteri:

- forme attive o in evoluzione per processi in atto, attivati recentemente o riattivabili nel breve periodo o non in equilibrio con il regime morfogenetico attuale;
- forme quiescenti il cui modellamento non è in atto ma di cui non si può escludere la riattivazione;
- forme stabilizzate, artificialmente o naturalmente, forme relitte ed inattive.

Nelle zone di versante sono, in particolare, approfonditi gli aspetti relativi ai fenomeni franosi.

Per ogni frana è possibilmente evidenziata la zona di distacco, la zona di scorrimento, visibile o ipotizzata, nonché la zona di accumulo, se presente.

Nelle zone di pianura, sono, in particolare, approfonditi gli aspetti legati alle forme di erosione e di accumulo fluviale, lacustre, marino, eolico.

Per quanto riguarda l'ambiente fluviale, sono evidenziati anche gli elementi antropici quali le opere di difesa idraulica, in quanto elementi in interazione diretta con la dinamica d'alveo.

Per il territorio urbanizzato ed, in particolare, per le aree con problematiche di dissesto attivo o quiescente, occorre evidenziare, nel rispetto dei criteri e degli stati di attività indicati nel d.d. 4505/2017, e rappresentare ad una scala di maggior dettaglio i seguenti elementi:

- area in frana, individuando possibilmente la zona di distacco, la zona di scorrimento, visibile oppure ipotizzata, e la zona di accumulo, se presente;
- l'area di evoluzione del fenomeno franoso.

L'area di possibile evoluzione del dissesto è valutata coerentemente con la tipologia del fenomeno e con le ipotesi cinematiche ad esso connesse.

Per le frane a cinematica lenta come gli scorrimenti, gli scorrimenti-colata e le colate lente, le aree di possibile evoluzione possono essere generalmente limitate alle immediate vicinanze delle frane stesse.

Per le frane a cinematica veloce (crolli, cadute massi, ribaltamenti, scivolamenti in roccia), le aree di possibile evoluzione possono comprendere le pareti rocciose o i tratti di versanti molto acclivi e le sottostanti aree di accumulo di detrito (coni detritici).

Per le frane a cinematica rapida (colate di detrito o di terra), le aree di possibile evoluzione normalmente coincidono con gli impluvi di ordine inferiore, ma sono comunque da approfondire le situazioni morfologiche potenzialmente interessate dall'evoluzione del dissesto.

Per la valutazione degli aspetti di dinamica costiera sono considerati gli elementi necessari per evidenziare le situazioni di criticità in atto, i possibili scenari futuri per i processi di erosione della costa e le tendenze evolutive del litorale. Il riferimento è alla capacità della costa di adattarsi ai cambiamenti climatici e di mantenere la naturale dinamica costiera, tenuto conto degli obiettivi di sicurezza per gli abitati, per le infrastrutture e per i sistemi ambientali definiti negli atti di pianificazione e di programmazione regionali, al fine di verificare la sostenibilità delle trasformazioni e le condizioni di utilizzo delle aree litoranee. Sono evidenziate, altresì, le aree di demanio marittimo e quelle interessate dalla presenza del sistema dunale, le tendenze evolutive del breve e del medio periodo dei litorali sabbiosi, gli ulteriori processi geomorfologici in atto lungo la

linea di costa, le unità fisiografiche di riferimento, utilizzando gli elementi conoscitivi presenti nel PIT, negli atti di programmazione regionale in materia di tutela della costa e degli abitati costieri, negli altri atti di pianificazione regionale, nonché gli elementi conoscitivi elaborati da amministrazioni statali o da altre amministrazioni nell'ambito delle specifiche competenze.

B. 3) Elementi per la valutazione degli aspetti geologico-tecnici

Nei soli comuni in zona sismica 4, limitatamente al territorio urbanizzato, è redatta una carta geologico-tecnica non finalizzata alla MS, sulla base degli elementi geologici di cui al paragrafo B.1 e geomorfologici di cui al paragrafo B.2, integrati dalla raccolta dei dati geognostici debitamente cartografati e allegati.

Nei comuni, ad esclusione di quelli in zona sismica 4, la caratterizzazione geologico-tecnica è svolta nell'ambito della MS con i contenuti di cui al paragrafo B.6.

I vari litotipi presenti sono raggruppati in unità litotecniche che, indipendentemente dalla loro posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici, presentano caratteristiche tecniche comuni. Per i litotipi lapidei sono acquisite le informazioni relative alla litologia, alla stratificazione o scistosità, al grado di fratturazione e di alterazione.

Per i terreni di copertura sono acquisite le informazioni relative allo spessore ed al grado di cementazione o di consistenza o di addensamento, nonché le informazioni relative alle caratteristiche geomeccaniche per le litologie più scadenti quali: le torbe, i terreni con consistenti disomogeneità verticali e laterali, i terreni granulari non addensati, i terreni argillosi soggetti a fenomeno di ritiro e rigonfiamento, i riporti e i riempimenti.

La cartografia geologico-tecnica segue gli standard di cui al paragrafo B.6.

L'insieme delle informazioni raccolte è finalizzato all'individuazione di situazioni potenzialmente critiche da evidenziare nella carta di pericolosità geologica (paragrafo C.1).

B. 4) Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici

Gli elementi conoscitivi per la valutazione degli aspetti idraulici si riferiscono al reticolo idrografico individuato dalla Regione ai sensi dell'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r.79/2012, interferente con il territorio urbanizzato e alle mappe di pericolosità da alluvione come definite dall'articolo 2 della l.r.41/2018 (da ora in poi definite "mappe di pericolosità da alluvione").

Al di fuori del territorio urbanizzato, in presenza di aree non riconducibili alle mappe di pericolosità da alluvione ed in assenza di studi idrologici idraulici, sono comunque definiti gli ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologicamente sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda. Sono, inoltre, definite le aree presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle alluvioni, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera s) della l.r.41/2018.

B. 5) Elementi per la valutazione degli aspetti connessi alla risorsa idrica sotterranea

Con particolare riferimento al territorio urbanizzato, la ricostruzione dell'assetto idrogeologico (assetto strutturale e stratigrafico) è finalizzata all'individuazione dei corpi idrici sotterranei, alla definizione della loro configurazione, degli schemi della circolazione idrica sotterranea, delle eventuali interconnessioni tra acquiferi limitrofi e acque superficiali.

Particolare attenzione è posta anche all'individuazione delle aree in cui la risorsa idrica è esposta o presenta un basso grado di protezione (falda libera in materiali permeabili e prossima al piano campagna; aree di affioramento di terreni litoidi molto fratturati; aree interessate da acquiferi in materiali carbonatici a carsismo sviluppato).

La ricostruzione dell'assetto della risorsa idrica sotterranea è effettuata in maniera commisurata al grado di approfondimento ritenuto necessario ed alle caratteristiche idrogeologiche della parte di territorio studiata. Sono, inoltre, indicati gli eventuali disequilibri in atto anche conseguenti ad

azioni antropiche sulla risorsa (subsidenza, modifiche morfologiche quali scavi o sbancamenti), nonché le potenziali situazioni di criticità (acquiferi di subalveo, zone di ricarica degli acquiferi).

B.6) Elementi per la valutazione degli effetti sismici locali per la riduzione del rischio sismico

B.6.1. Per quanto attiene alle indagini sismiche, tutto il territorio regionale è classificato sismico e distinto in differenti zone sulla base del differente grado di pericolosità sismica di base ai sensi di quanto stabilito:

- nell'ordinanza del Presidente 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);
- nel decreto del Ministero delle infrastrutture 17 gennaio 2018 (Norme tecniche per le costruzioni);

nonché in attuazione:

- dell'ordinanza del Presidente Consiglio dei ministri 28 aprile 2006 n. 3519 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone) nonché della conseguente deliberazione della Giunta regionale n. 878 dell' 8 ottobre 2012 e successiva deliberazione G.R. n. 421 del 26 maggio 2014 relative all'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale in attuazione dell'o.d.p.c.m. 3519/2006 ed ai sensi del d.m. 17 gennaio 2018;
- della circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018).

B.6.2. Il quadro di riferimento, per quanto riguarda le modalità di modellazione geologica e caratterizzazione sismica dei terreni, è quello di cui al già citato d.m. 17 gennaio 2018. Per ciò che attiene ai criteri e alle modalità di esecuzione delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, si fa riferimento a quanto prescritto nelle Istruzioni tecniche regionali del Programma valutazione effetti locali, da ora in poi, denominato “Programma VEL”, approvato con decreto dirigenziale 5 ottobre 2007, n.4753 (Approvazione versione aggiornata del manuale delle istruzioni tecniche regionali del programma VEL).

B.6.3 Per la valutazione degli effetti locali in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico, oltre all'acquisizione e alla rielaborazione di ogni informazione di natura geologica prodotta, sono reperiti tutti gli elementi utili per la definizione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, evidenziando, in particolare, le geometrie sepolte, gli spessori delle coperture presenti e le loro caratteristiche litologiche, la parametrizzazione dinamica del terreno, proprio in relazione alla misura diretta delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s). Tali acquisizioni sono effettuate secondo le modalità e i criteri specificati dalle istruzioni tecniche regionali del programma VEL già richiamate.

I comuni interessati dal Programma VEL fanno riferimento alle conoscenze acquisite nell'ambito di tale progetto. Anche i comuni, per i quali sono disponibili precedenti studi di MS, fanno riferimento ai contenuti tecnici già prodotti, dei quali acquisiscono e verificano, in ogni caso, la correttezza e la coerenza con il quadro conoscitivo di riferimento. Tale documentazione, debitamente integrata o modificata, in ragione del maggiore approfondimento richiesto per la definizione del modello geologico-tecnico del sottosuolo, costituisce un utile e necessario supporto per la predisposizione degli studi di pericolosità sismica locale.

Gli elementi di conoscenza del territorio, integrati con le misure passive del rumore ambientale a stazione singola ed eventuali ulteriori indagini sismiche, permettono la realizzazione di studi di MS, secondo le specifiche tecniche definite dagli ICMS e dalle specifiche tecniche regionali, redatte

sulla base di quanto richiesto dall'articolo 5, comma 3 e dall'articolo 6, commi 1 e 2 dell'o.d.p.c.m. 3907/2010, di cui alla deliberazione della Giunta regionale 18 aprile 2011, n.261 (Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica); alla deliberazione della Giunta regionale 6 agosto 2012, n.741 (Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica); alla deliberazione della Giunta regionale 25 novembre 2012, n.971 (Approvazione delle modalità di finanziamento e delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica); alla deliberazione della Giunta regionale 23 febbraio 2015, n.144 (Approvazione delle modalità di finanziamento e delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza); alla deliberazione della Giunta regionale 14 giugno 2016, n.557 (Approvazione costituzione fondo del 2% per attività di "Supporto per l'archiviazione informatica e l'implementazione Portale Web-GIS relativo alle indagini e studi di Microzonazione Sismica Comunale e alle analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza"); alla deliberazione della Giunta regionale 2 maggio 2018, n.468 (Approvazione delle modalità di finanziamento e delle Nuove Specifiche Tecniche Regionali per l'elaborazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica e analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza, e modalità di utilizzo del Fondo del 2% di cui alle OcDPC 293/2015 e 344/2016) e alla deliberazione della Giunta regionale 22 ottobre 2018, n.1162 (Ripartizione tra interventi di prevenzione sismica su edifici pubblici e su edifici privati della quota assegnata alla Regione Toscana. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per la realizzazione di studi di Microzonazione sismica ed Analisi CLE).

B.6.4. Gli studi di MS hanno l'obiettivo di individuare le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti. Gli ICMS individuano, in funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi, vari livelli di approfondimento degli studi di MS, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3.

Gli studi di MS di livello 1 sono finalizzati alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, da ora in poi, denominate "MOPS", della cartografia geologico-tecnica per la MS, della carta delle frequenze fondamentali dei depositi, della carta delle indagini e della cartografia di pericolosità sismica. Tali cartografie sono realizzate secondo le modalità di rappresentazione e archiviazione informatica prevista dagli standard emanati dalla Commissione nazionale per la microzonazione sismica, facendo riferimento alle versioni più aggiornate emanate da tale Commissione, fermo restando che non è obbligatoria la compilazione delle tabelle relative ai parametri delle indagini, contenute nei sopraccitati standard.

Per la definizione dei livelli di approfondimento sismico negli studi di MS di livello 1, delle analisi e delle elaborazioni atte alla predisposizione dei risultati finali, si rinvia a quanto definito dalle specifiche tecniche regionali di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010, nonché dagli ICMS.

Per quanto concerne la stima del livello di qualità delle cartografie MOPS, è rispettata la procedura di verifica definita al punto 3, appendice 2 delle sopraccitate specifiche tecniche regionali.

In ogni caso, la cartografia prodotta è redatta sulla base dell'acquisizione di un quadro conoscitivo esistente e di controlli sul terreno, volti alla stima degli spessori delle coperture presenti e non può prescindere dall'esecuzione delle misure passive del rumore ambientale a stazione singola.

Nello specifico, la MS individua e caratterizza:

- zone stabili: ove non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata - pendii con inclinazione inferiore a 15 gradi), dove gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale, dove il moto sismico è modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche o geomorfologiche del territorio e, pertanto, sono

- attesi fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi) o per morfologie sepolte;
- zone suscettibili di instabilità, dove possono attivarsi fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti diffusi e differenziali).

B.6.5. La MS di livello 1 è realizzata all'interno del territorio urbanizzato con priorità per i centri urbani maggiormente significativi, riconducibili entro le "zone 1" e "zone 2" di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle istruzioni tecniche del programma VEL. Per i restanti centri urbani, riconducibili entro le "zone 3" e "zone 4" di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle istruzioni tecniche del programma VEL sopracitato, lo studio può essere effettuato, anche in via temporaneamente progressiva, in funzione delle problematiche geologiche-tecniche e sismiche del sito, dell'importanza e dell'estensione areale dei centri urbani medesimi. Le aree oggetto di MS sono individuate dal comune di concerto con la struttura regionale competente e sono estese ad un intorno significativo, definito secondo i criteri di cui al paragrafo 3.4.2.1 degli ICMS.

La redazione degli studi di MS di livello 1 è effettuata per tutti i comuni, tranne quelli in zona sismica 4. I comuni che già dispongono di studi di MS di livello 1 provvedono alla redazione di cartografie di MS almeno di livello 2, nell'ambito della predisposizione di nuovi strumenti urbanistici e/o varianti generali.

B.6.6. La MS di livello 2 è effettuata se sono verificate le condizioni geologico - tecniche per l'applicabilità degli abachi regionali. Qualora, invece, le condizioni geologico-tecniche dell'area non siano omogenee e rientrino tra quelle indicate nel paragrafo 2.5.2. degli ICMS, sono effettuati gli studi di MS di livello 3.

Per la realizzazione degli studi di MS di livello 2, si utilizzano gli abachi regionali indicati nelle specifiche tecniche regionali di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010 e di cui alla deliberazione della Giunta regionale 144/2015.

B.6.7. Per la redazione di cartografie di MS di livello 3, dove è prevista la realizzazione di analisi di risposta sismica locale mono e bidimensionale, come input sismico, sono utilizzati gli accelerogrammi di riferimento per la Regione definiti mediante lo studio approvato con decreto dirigenziale 23 novembre 2011, n.5255 (deliberazione della Giunta regionale 471/2011 - Approvazione schemi di accordi di collaborazione scientifica in tema di prevenzione sismica in Toscana con il CNR di Pisa, il Dipartimento dell'Università di Genova e il Dipartimento di Meccanica strutturale dell'Università di Pavia).

B.6.8. La sintesi di tutte le informazioni derivanti dagli studi di MS di livello 2 e 3, ove eseguite, consente la valutazione delle condizioni di pericolosità sismica delle aree studiate, mediante l'attribuzione delle classi di pericolosità sismica, in funzione della variabilità del fattore di amplificazione sismica locale. Pertanto, nelle aree indagate, la redazione della carta di pericolosità sismica si basa non più sulla cartografia MOPS, ma sulla cartografia di microzonazione sismica di livello 2 o 3.

C. Valutazione della pericolosità

Il territorio è caratterizzato in funzione della pericolosità geologica, da alluvione e sismica ed è distinto in aree a pericolosità geologica, da alluvione, nonché a pericolosità sismica locale.

Attraverso le analisi e gli approfondimenti, sono caratterizzate aree omogenee dal punto di vista delle pericolosità, rispetto agli specifici fenomeni che le generano. Tali analisi e approfondimenti sono integrati rispetto a quelli già contenuti nei piani di bacino e nei quadri conoscitivi esistenti e certificati.

C. 1) Aree a pericolosità geologica

La caratterizzazione delle aree a pericolosità geologica comprende, oltre agli elementi geologici in senso stretto, anche gli elementi geomorfologici e quelli relativi alla dinamica costiera, secondo la classificazione, di seguito indicata.

- Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo
- Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi.
- Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.
- Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

C. 2) Aree a pericolosità da alluvioni

La caratterizzazione delle aree a pericolosità da alluvioni è effettuata secondo la seguente classificazione:

- Aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della l.r.41/2018
- Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018
- Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010

C. 3) Aree a pericolosità sismica locale

La sintesi di tutte le informazioni derivanti dagli studi di MS di livello 1, 2 o 3 ove presente, secondo quanto previsto dal par. B.6, consente la valutazione delle condizioni di pericolosità sismica locale delle aree studiate all'interno del territorio urbanizzato secondo la seguente classificazione:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):

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

Pericolosità sismica locale elevata (S.3):

- aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;

- aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori 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 stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) > 1.4 ;
- aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose, di seguito, denominate “APF”, e, come tali, suscettibili di 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 amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4 ;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi);
- 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 gradi), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Si specifica che, per “alto contrasto di impedenza sismica”, sono da intendersi situazioni caratterizzate da rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sismiche sovrastanti - oppure all’interno delle coperture stesse - almeno pari a 2, come stimato dalle indagini sismiche. In alternativa, la medesima situazione è individuabile mediante il valore relativo all’ampiezza del picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione singola, che deve essere almeno pari a 3.

Si specifica inoltre che, per “alcune decine di metri”, sono da intendersi spessori indicativamente intorno a 40 metri.

2.2. Elaborati delle indagini per il piano strutturale e relative varianti

Le indagini sono parte integrante del piano strutturale e contribuiscono alla composizione del quadro conoscitivo che qualifica lo statuto del territorio e supporta la strategia di sviluppo sostenibile del piano strutturale. In sede di formazione del piano strutturale, le indagini geologiche sono corredate dei seguenti elaborati:

Relazione

La relazione illustra gli aspetti che concorrono alla definizione dell’assetto geologico-tecnico del territorio come di seguito descritto:

- inquadramento del territorio attraverso la documentazione relativa al quadro conoscitivo esistente e certificato e gli approfondimenti eventualmente effettuati per dare completezza, integrare ed aggiornare tale quadro conoscitivo;

- illustrazione degli elementi connessi agli aspetti geologici, litologici, geomorfologici, idraulici, idrogeologici, e sismici;
- descrizione analitica delle situazioni di pericolosità e di rischio riscontrate rispetto agli specifici fenomeni che le generano;
- indicazioni relative alle condizioni e alle eventuali limitazioni rispetto alla gestione degli insediamenti esistenti e alle possibili trasformazioni sulla base delle situazioni di pericolosità e di rischio riscontrate, da esprimersi in termini di necessità di approfondimenti da disciplinare e dettagliare puntualmente in sede di formazione del piano operativo.

Cartografie

Carta geologica;
 Carta geologico-tecnica;
 Carta delle indagini e dei dati di base;
 Carta geomorfologica;
 Carta della pericolosità da alluvioni;
 Carta della magnitudo idraulica;
 Carta dei battenti;
 Carta della velocità della corrente;
 Carta delle aree presidiate da sistemi arginali, comprensiva delle aree di fondovalle fluviale;
 Carta idrogeologica;
 Carta della pericolosità geologica;
 Carta delle MOPS;
 Carte di microzonazione sismica di livello 2 o di livello 3;
 Carta delle frequenze fondamentali;
 Carta della Pericolosità sismica locale.

3. Direttive per la formazione del piano operativo e delle relative varianti

Nel disciplinare l'attività urbanistica ed edilizia nel territorio comunale, il piano operativo definisce le condizioni di fattibilità per la gestione degli insediamenti esistenti e per le trasformazioni degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi, in coerenza con il quadro conoscitivo e con i contenuti statutari e strategici del piano strutturale.

Le condizioni di fattibilità sono definite in funzione delle situazioni di pericolosità e di rischio e specificano gli studi e le indagini da effettuare a livello attuativo ed edilizio e le eventuali opere da realizzare per la mitigazione del rischio. La mitigazione del rischio è perseguita attraverso azioni combinate per la riduzione della pericolosità e della vulnerabilità degli elementi esposti.

Le condizioni di fattibilità sono individuate secondo i criteri di seguito elencati:

- Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici;
- Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio da alluvioni;
- Criteri generali di fattibilità in relazione alle alluvioni costiere;
- Criteri generali di fattibilità in relazione a problematiche idrogeologiche;
- Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici.

3.1 Aree esposte a rischio

In sede di formazione del piano operativo e delle relative varianti generali, sono evidenziate le aree che risultano esposte a rischio geologico e sismico e da alluvioni e che costituiscono la base della pianificazione territoriale ed urbanistica, nonché la base per la redazione, l'integrazione e l'aggiornamento dei piani di protezione civile comunali.

L'individuazione delle aree esposte a rischio è effettuata secondo i criteri indicati nei paragrafi 3.1.1.; 3.1.2; 3.1.3.

L'Analisi della Condizione Limite dell'Emergenza di cui all'articolo 18 dell'o.d.p.c.m. 4007/2012, finalizzata all'analisi degli elementi fisici dei piani di emergenza (quali, ad esempio, gli edifici e le aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza e gli aggregati strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione) costituisce un riferimento di conoscenza sia per gli aspetti di pianificazione territoriale, sia per la verifica dei sistemi di gestione dell'emergenza.

3.1.1 Aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali

La caratterizzazione delle aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali è effettuata, tenendo in considerazione i seguenti elementi:

- presenza di elementi appartenenti al reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r.79/2012;
- presenza di aree presidiate da sistemi arginali, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera s), della l.r.41/2018;
- aree a pericolosità per alluvioni.

Nella suddetta caratterizzazione sono poi riportati almeno i seguenti elementi:

- perimetro del territorio urbanizzato
- gli edifici e le infrastrutture, strategici ai fini dell'emergenza, come individuati dai piani di protezione civile comunali e dalle CLE;
- gli edifici rilevanti, ai sensi del Reg. 36R/2009;
- le infrastrutture di mobilità.

Qualora lo ritenga necessario, il comune individua ulteriori elementi non compresi nelle categorie sopra richiamate.

3.1.2 Aree ed elementi esposti a fenomeni geologici

La caratterizzazione delle aree ed elementi esposti a fenomeni geologici è effettuata, tenendo in considerazione le aree a pericolosità geologica, su cui riportare almeno i seguenti elementi:

- perimetro del territorio urbanizzato
- gli edifici e le infrastrutture, strategici ai fini dell'emergenza come individuati dai piani di protezione civile comunali e dalle CLE;
- gli edifici rilevanti;
- le infrastrutture di mobilità.

Qualora lo ritenga necessario, il comune individua ulteriori elementi non compresi nelle categorie sopra richiamate.

3.1.3 Aree a rischio sismico

A) Formazione del piano operativo e delle relative varianti generali

In sede di formazione del piano operativo e delle relative varianti generali, i comuni evidenziano le aree che risultano esposte al rischio sismico, nell'ambito del territorio urbanizzato definito ai sensi dell'articolo 4, comma 3 della l.r.65/2014, con particolare riferimento al tessuto insediativo esistente. Tali elementi conoscitivi rappresentati nella cartografia delle aree esposte al rischio sismico, costituiscono uno strumento di verifica, unitamente alle analisi delle condizioni limite per l'emergenza CLE, anche per la pianificazione di emergenza secondo quanto disciplinato al paragrafo D.

Il **rischio sismico** (R) rappresenta la probabilità che si verifichino danni da terremoto in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e della natura dei beni esposti. La valutazione del rischio sismico nel territorio urbanizzato è il risultato della combinazione dei fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione con riferimento ad aree omogenee.

Per la valutazione della **pericolosità** sismica (P), si fa riferimento alla pericolosità sismica di base di ciascuna area omogenea ed agli studi di microzonazione sismica di cui al paragrafo C.3, laddove presenti.

Per la valutazione della **vulnerabilità** sismica (V - propensione al danno dell'edificato) e dell'**esposizione** sismica (E - importanza degli elementi sul territorio), si fa riferimento alle informazioni di natura statistica relative alle singole aree omogenee, verificate dai comuni, ed, eventualmente, supportate con elementi conoscitivi di maggior dettaglio, o più aggiornati, in loro possesso. Tali risultati possono essere approfonditi anche mediante ulteriori studi o specifici censimenti diversi da quelli già utilizzati, con riferimento ad aree omogenee.

B) Territorio urbanizzato

Il territorio urbanizzato è, suddiviso in aree omogenee ed a ciascuna di esse è attribuita una delle 4 classi di rischio (R), che risulta dalla combinazione delle 4 classi di ciascun fattore (P, V, E), secondo i criteri e la metodologia descritta nell'allegato tecnico 1.

La valutazione del rischio sismico del territorio urbanizzato, è sviluppata su due livelli di approfondimento successivi, sulla base dei dati e degli elementi conoscitivi a disposizione:

Livello 1. La valutazione del rischio è definita, per ciascuna area omogenea coincidente con una sezione di censimento Istat, combinando la pericolosità sismica di base ($A_{g_{max}}$) con la vulnerabilità e l'esposizione, per i quali si tiene conto dei dati statistici relativi a: popolazione, edifici, destinazione d'uso delle aree, evoluzione della classificazione sismica.

Livello 2. La valutazione del rischio è definita a partire dagli elementi conoscitivi minimi del precedente livello, mediante l'acquisizione di ulteriori dati, analisi e valutazioni di maggior dettaglio che tengono conto di:

- studi di microzonazione sismica di cui al paragrafo C.3 per la determinazione della pericolosità sismica locale;
- vulnerabilità sismica dei centri urbani, effettuata mediante censimenti e rilievi su aree omogenee di territorio, non necessariamente coincidenti con le sezioni censuarie ISTAT, ma individuate come zone comunali o sub-comunali (comparti), caratterizzate da omogeneità del tessuto edilizio per età di primo impianto oppure tecniche costruttive e strutturali. Tali rilievi possono eventualmente essere 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;

- esposizione urbana mediante valutazioni riferite alle singole aree omogenee (comparti), ad esempio, mediante valutazioni inerenti la popolazione, gli edifici, i fattori economici, le funzioni, i servizi, le infrastrutture ed i beni culturali.

L'elaborazione dei dati relativi al rischio sismico di Livello 1 è a cura del struttura regionale competente e rappresenta la base di riferimento per l'elaborazione delle mappe delle aree a rischio sismico di Livello 1 a cura dei comuni, previa verifica della perimetrazione delle aree, delle informazioni ad esse relative, e dell'eventuale approfondimento, non obbligatorio, di Livello 2.

Il comune, nell'ambito del territorio urbanizzato e secondo i criteri e la metodologia descritta nell'allegato tecnico 1:

- definisce la Classe di **Pericolosità** (P) di Livello 2, combinando la Pericolosità sismica di base (P_{base}) e, laddove presente, la Pericolosità sismica locale (P_{loc}) di cui al paragrafo C.3;
- valuta ed eventualmente ridefinisce la Classe di **Vulnerabilità** (V) e di **Esposizione** (E), sulla base dei dati statistici Istat riferiti alle singole aree omogenee, effettuando una verifica dei risultati di Livello 1;
- definisce la Classe di **Rischio** (R) per ciascuna area omogenea, combinando le classi dei tre fattori analizzati;
- redige, nell'ambito del territorio urbanizzato, le seguenti cartografie: Pericolosità sismica, Vulnerabilità sismica, Esposizione Sismica, aree a Rischio Sismico ed una Relazione illustrativa che descriva le analisi effettuate ed i criteri utilizzati.

I comuni possono inoltre completare lo studio di Rischio di Livello 2 definendo la Classe di Vulnerabilità (V) e di Esposizione (E), sulla base di approfondimenti o altri elementi di valutazione di maggior dettaglio, nell'ambito del livello 2, individuando singole aree omogenee caratterizzate da omogeneità del tessuto edilizio per età di primo impianto oppure tecniche costruttive e strutturali, facendo riferimento a:

- dati più attendibili o aggiornati sulla popolazione o sul patrimonio edilizio, di cui il comune è a conoscenza;
- valutazioni su singoli aggregati strutturali o su singoli edifici campione rappresentativi di tipologie edilizie e costruttive simili, facendo eventuale riferimento alle zone urbanisticamente omogenee, utilizzando metodologie già codificate a livello tecnico-scientifico;
- informazioni disponibili relative alle analisi CLE (di cui all'articolo 18 dell'o.d.p.c.m. 4007/2012);
- presenza di edifici strategici e rilevanti;
- valutazioni di esposizione o vulnerabilità relativi alle infrastrutture, funzioni, servizi, elementi di valutazione socio-economici o altri elementi ritenuti significativi.

3.2 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici

3.2.1. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica molto elevata** (G4) è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.

- a) nelle aree soggette a fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione la fattibilità degli interventi di nuova costruzione ai sensi della l.r. 41/2018 o nuove infrastrutture a

sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva esecuzione di interventi di messa in sicurezza e relativi sistemi di monitoraggio sull'efficacia degli stessi. Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano operativo sulla base di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche e opportuni sistemi di monitoraggio propedeutici alla progettazione, sono tali da:

a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;

a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;

a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente.

a bis) nelle aree soggette a intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo, la fattibilità degli interventi di nuova costruzione ai sensi della l.r. 41/2018 o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva esecuzione di interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza, sono individuati e dimensionati in sede di piano operativo sulla base di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche e sono tali da:

a bis.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;

a bis.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni in atto;

a bis.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

b) la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità.

3.2.2. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica elevata (G3)** è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo oppure, qualora non previsto, a livello edilizio diretto, sono tali da:

a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;

a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;

a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente.

Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi.

La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità.

3.2.3. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica media (G2)**, le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

3.2.4. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica bassa (G1)**, non è necessario dettare condizioni di attuazione dovute a limitazioni di carattere geomorfologico.

Nelle aree situate lungo i litorali caratterizzate da fenomeni di erosione costiera, la fattibilità degli interventi è subordinata alla loro sostenibilità ai fini della morfodinamica costiera, fermo restando il rispetto dei criteri stabiliti nel presente paragrafo per le diverse aree di pericolosità geologica, nonché il rispetto degli atti di programmazione regionale in materia di tutela della costa e degli abitati costieri.

3.3 Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni

Nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla l.r. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r.41/2018.

Nei casi in cui, la fattibilità degli interventi non sia condizionata dalla l.r.41/2018 alla realizzazione delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, ma comunque preveda che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, la gestione del rischio alluvioni può essere perseguita attraverso misure da individuarsi secondo criteri di appropriatezza, coniugando benefici di natura economica, sociale ed ambientale, unitamente ai costi ed ai benefici.

In particolare, sono da valutare le possibili alternative nella gestione del rischio alluvioni dalle misure maggiormente cautelative che garantiscono assenza degli allagamenti fino alle misure che prevedono eventuali allagamenti derivanti da alluvioni poco frequenti.

Nel caso di interventi in aree soggette ad allagamenti, la fattibilità è subordinata a garantire, durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone, attraverso misure quali opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale e procedure atte a regolare l'utilizzo dell'elemento esposto in fase di evento. Durante l'evento sono accettabili eventuali danni minori agli edifici e alle infrastrutture tali da essere rapidamente ripristinabili in modo da garantire l'agibilità e la funzionalità in tempi brevi post evento.

Nelle aree di fondovalle poste in situazione morfologica sfavorevole, come individuate al paragrafo B4, la fattibilità degli interventi è condizionata alla realizzazione di studi idraulici finalizzati all'aggiornamento e riesame delle mappe di pericolosità di alluvione di cui alla l.r. 41/2018.

3.4 Criteri generali di fattibilità in relazione alle alluvioni costiere

Nelle aree caratterizzate da pericolosità (P3) per alluvioni costiere frequenti come definite negli atti di pianificazione di bacino, fermo restando il rispetto degli atti di programmazione regionale in materia di tutela della costa, degli abitati costieri e delle norme di pianificazione di bacino, la fattibilità degli interventi è subordinata alla sostenibilità in relazione alla morfodinamica costiera e agli effetti dovuti ad inondazioni marine.

3.5 Criteri generali di fattibilità in relazione a problematiche connesse alla risorsa idrica

Nelle aree ove la previsione possa incrementare una situazione di squilibrio in atto della risorsa idrica o generare situazioni di criticità della risorsa idrica è necessario rispettare i seguenti criteri generali, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino:

- la fattibilità degli interventi è subordinata alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di eliminazione o mitigazione dello stato di rischio idrogeologico accertato o potenziale, tenuto conto della natura della trasformazione e delle attività ivi previste.
- la fattibilità degli interventi è subordinata a contenere i possibili rischi d'inquinamento.

•

3.6 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici

3.6.1. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità sismica locale molto elevata (S4)**, in sede di piano operativo, sono da studiare e approfondire i seguenti aspetti:

- nel caso di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci è effettuato uno studio geologico e geomorfologico di dettaglio, integrato con indagini geofisiche, così come indicato nelle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci” – FAC, approvate dalla Conferenza delle Regioni e Province autonome nella seduta del 7 maggio 2015 e contenute nelle specifiche tecniche regionali di cui all’o.d.p.c.m. 3907/2010. Per tali aree sono individuate le “zone di suscettibilità - ZSFAC” e le “zone di rispetto - ZRFAC” della faglia attiva e capace.
- per i terreni soggetti a liquefazione dinamica, sono realizzate indagini geognostiche e verifiche geotecniche per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni e della distribuzione areale dell’Indice del potenziale di liquefazione, così come indicato nelle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione” – LIQ, emanate dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica e recepite all’interno delle specifiche tecniche regionali di cui all’o.d.p.c.m.3907/2010. Tali valutazioni sono finalizzate alla individuazione delle “zone di suscettibilità a liquefazione - ZSLQ” e delle “zone di rispetto a liquefazione - ZRLQ”.
- nel caso di zone di instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione sono effettuati studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche per la predisposizione di verifiche di stabilità del versante, secondo quanto definito al paragrafo.3.1.1, tenuto conto anche dell’azione sismica e in coerenza con quanto indicato nelle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte” - FR, emanate dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica e recepite all’interno delle specifiche tecniche regionali di cui all’o.d.p.c.m. 3907/2010.

3.6.2. Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale molto elevata (S4) si fa riferimento ai seguenti **criteri**:

- per le aree di rispetto (ZR_{FAC}) delle faglie attive e capaci sono da escludere previsioni di nuova edificazione ai sensi dell'art.134 commi 1a), h), l) della L.r. 65/2014;
- per le aree di suscettibilità (ZS_{FAC}) delle faglie attive e capaci sono da escludere previsioni di nuova edificazione ai sensi dell'art.134 commi 1a), h), l) della L.r. 65/2014, fatto salvo per le classi d'uso I e II (NTC 2018, Cap.2 – par.2.4.2) previa verifica in fase attuativa e/o edilizia delle condizioni di instabilità mediante gli approfondimenti previsti dalle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci – FAC”;
- nelle aree individuate come zone di suscettibilità a liquefazione (ZS_{LQ}) e di rispetto a liquefazione (ZR_{LQ}), la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata alla preventiva realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC 2018, punto 7.11.3.4) da accertare in funzione dell'esito delle verifiche geotecniche in fase di rilascio del titolo abilitativo;
- relativamente alle aree di instabilità di versante attive, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione, è subordinata alla preventiva esecuzione di interventi di messa in sicurezza, secondo le indicazioni di cui al paragrafo 3.1.1, lettera a). Agli interventi sul patrimonio esistente, si applicano i criteri definiti al paragrafo 3.1.1 lettera b);
- la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, fatti salvi quelli che non incidono sulle parti strutturali degli edifici e fatti salvi gli interventi di riparazione o locali (NTC18, punto 8.4.3), è subordinata all'esecuzione di interventi di miglioramento o adeguamento sismico (in coerenza con le NTC 2018, punto 8.4). Limitatamente alle aree di suscettibilità (ZS_{LQ}) e rispetto alla liquefazione (ZR_{LQ}), oltre agli interventi di miglioramento o adeguamento, la fattibilità è subordinata anche ad interventi di riduzione della pericolosità (in conformità a NTC 2018, punto 7.11.3.4).

3.6.3. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità sismica locale elevata (S3)**, in sede di piano attuativo o, in sua assenza, dei progetti edilizi, sono da studiare e approfondire i seguenti aspetti:

- per i terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica sono effettuati indagini geognostiche e verifiche geotecniche per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni e della distribuzione areale dell'Indice del potenziale di liquefazione (LPI), così come indicato nelle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione” – LIQ, approvate con la deliberazione della Giunta regionale 23 febbraio 2015 , n.144 (Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione sismica). Tali valutazioni sono finalizzate alla individuazione della “zona di suscettibilità a liquefazione - ZS_{LQ} ” e della “zona di rispetto a liquefazione – ZR_{LQ} ”;
- nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono effettuate adeguate indagini geognostiche e verifiche geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;
- in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è effettuata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi, posti a contatto, al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica. E' opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche;
- nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locale, caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro alcune decine di metri, sono raccolti i dati bibliografici oppure è effettuata una specifica campagna di indagini geofisiche (quali, ad esempio, profili

sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro e, ove risultino significative, profili MASW) e geognostiche (quali, ad esempio, pozzi o sondaggi, preferibilmente a carotaggio continuo) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti per valutare l'entità del (o dei) contrasti di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico o entro le coperture stesse. Nelle zone di bordo della valle è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo, quale quella sismica a rifrazione o riflessione.

- nel caso di zone di instabilità di versante quiescente e relativa zona di evoluzione sono realizzati studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, secondo quanto definito al paragrafo 3.1.1, tenendo conto anche dell'azione sismica e in coerenza con quanto indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte" - FR, emanate dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica e recepite all'interno delle specifiche tecniche regionali di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010.

Nell'ambito dell'area caratterizzata a pericolosità sismica locale elevata (S3), la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018, paragrafo 3.2), da parte del progettista, è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (in conformità NTC 2018, paragrafo 3.2.2 e paragrafo 7.11.3), da condurre in fase di progettazione, nei seguenti casi:

- realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.

3.6.4. Per le aree caratterizzate dalla classe di pericolosità sismica locale elevata (S3), è necessario rispettare i seguenti **criteri**:

- per le aree individuate come zone di suscettibilità a liquefazione (ZS_{LQ}) e di rispetto a liquefazione ($ZRLQ$), la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche delle condizioni di liquefazione dei terreni e, in funzione di tale analisi, alla realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4);
- per le aree di instabilità di versante quiescenti, la fattibilità di interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche di stabilità di versante e alla preventiva realizzazione, qualora necessario, degli interventi di messa in sicurezza individuati al paragrafo 3.1.1, lettera a). La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente è subordinata a quanto indicato al paragrafo 3.1.1 punto b);
- la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, fatti salvi quelli che non incidono sulle parti strutturali degli edifici e fatti salvi gli interventi di riparazione o locali (NTC18, punto 8.4.3), è subordinata all'esecuzione di interventi di miglioramento o adeguamento sismico (in coerenza con le NTC 2018, punto 8.4). Limitatamente alle aree di suscettibilità (ZS_{LQ}) e rispetto alla liquefazione (ZR_{LQ}), oltre agli interventi di miglioramento o adeguamento, la fattibilità è subordinata, in funzione dell'esito delle verifiche, anche ad interventi di riduzione della pericolosità (in conformità a NTC 2018, punto 7.11.3.4).

3.6.5. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità sismica media (S2)** non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

3.6.6. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità sismica locale bassa (S1)**, non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

3.6.7. Per le aree oggetto di studi di MS di livello 2 oppure 3, l'analisi del modello geologico-tecnico e la conoscenza del fattore di amplificazione possono orientare nella scelta e quantificazione delle indagini da effettuare, in sede di progettazione, per la definizione dell'azione sismica ai sensi delle NTC 2018.

3.6.8. Per le aree nelle quali sono disponibili gli studi di MS di livello 2 oppure 3, si possono graduare gli approfondimenti di indagini per la formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia, fatta salva l'implementazione della campagna di indagini definita al capitolo 6.2.1. e 6.2.2. delle NTC 2018. Inoltre, limitatamente alle aree caratterizzate da pericolosità sismica elevata (S3), identificabile con aree alle quali sia attribuito un Fattore di amplificazione (F_x) > 1.4, la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018, par.3.2), da parte del progettista, è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (in conformità NTC 2018, par.3.2.2 e par.7.11.3), da condurre in fase di progettazione, nei seguenti casi:

- realizzazione di edifici strategici o rilevanti ricadenti in classe d'indagine 3 e 4, come individuate dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione di edifici a destinazione residenziale ricadenti in classe d'indagine 4, come individuata dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;

3.6.9. Per quanto concerne gli studi di MS di livello 3, il soggetto realizzatore dello studio fornisce, per ogni microzona individuata a seguito delle analisi dinamiche di dettaglio, uno spettro di risposta elastico normalizzato e rappresentativo dell'azione sismica prevista per la predetta microzona per due separati tempi di ritorno (475 anni e 50 anni).

Tali spettri, da fornire in formato tabellare, riportano anche i parametri dipendenti (S , T_b e T_c) ricavati tramite la procedura di normalizzazione.

La progettazione di opere ricadenti in classe d'uso II ai sensi delle NTC 2018, caratterizzate da uno stato limite corrispondente ad un medesimo periodo di ritorno dello spettro rappresentativo, può avvalersi direttamente di tale spettro, previa verifica della maggior cautela, stabilita in base al valore di accelerazione spettrale per i periodi di interesse dell'opera, rispetto a quanto ricavabile in termini di spettro di risposta elastico dall'applicazione delle categorie semplificate di sottosuolo. E' comunque, verificata la reale corrispondenza delle condizioni geologico-tecniche del sito rispetto al contesto riportato nello studio di MS, mediante criteri di affidabilità, significatività e rappresentatività.

Per le medesime opere caratterizzate da differenti periodi di ritorno rispetto a quello utilizzato per lo studio di MS di livello 3, e per le opere ricadenti in classe d'uso I ai sensi delle NTC 2018, il confronto indicato al precedente capoverso è effettuato ricavando lo spettro di risposta elastico in base ai predetti parametri dipendenti associati allo spettro caratteristico, combinandoli con i parametri indipendenti (derivanti dalla localizzazione del sito).

3.7 Elaborati relativi alle indagini per il piano operativo e relative varianti

Relazione

Nella relazione è descritto il processo diagnostico condotto per determinare le diverse condizioni di attuazione e sono altresì illustrati gli approfondimenti di indagine eseguiti a tal scopo, come indicati a livello di piano strutturale e nelle presenti direttive. Con specifico riferimento alla tipologia di fenomeno che ha determinato le condizioni di fattibilità, sono fornite precise indicazioni in merito alle indagini e agli approfondimenti da effettuarsi prima della redazione del piano attuativo o della realizzazione degli interventi. La relazione deve contenere anche le schede finalizzate a individuare le condizioni di attuazione delle trasformazioni. Per quanto riguarda la realizzazione di eventuali opere di mitigazione o messa in sicurezza, esse sono definite e individuate nel piano operativo, sulla base di idonei studi e verifiche.

Cartografie

Gli elaborati cartografici di supporto alla relazione sono:

- carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni geologici;
- carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali;
- carta della vulnerabilità sismica, esposizione sismica e delle aree a rischio sismico;
- eventuali cartografie di maggior dettaglio.

In caso di previsioni del piano operativo, ricadenti all'esterno del perimetro del territorio urbanizzato, studi di MS sono da realizzare nelle aree per le quali siano previsti:

- nuovi edifici strategici o rilevanti, o relativi ampliamenti, ricadenti nella classe d'indagine 4, come individuata nel regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- nuovi edifici o relativi ampliamenti con volumetria complessiva o altezza massima ascrivibile alla classe d'indagine 3 o 4 come individuate nel regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014, all'interno di un'area edificabile che coinvolgano una superficie territoriale superiore a 10.000 metri quadrati.

In caso in cui sia prevista una sostanziale modifica del quadro conoscitivo, saranno da prevedersi anche gli elaborati di cui al precedente par. 2.2.

4. Direttive per la formazione dei piani attuativi

I piani attuativi sono corredati da una relazione contenente gli esiti degli approfondimenti di indagine, laddove siano stati indicati necessari nel piano operativo oppure indicazioni sulla tipologia delle indagini da eseguire o sui criteri e sugli accorgimenti tecnico-costruttivi da adottare, ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Qualora il piano operativo abbia subordinato la loro attuazione alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di mitigazione del rischio, la relazione contiene anche il progetto delle opere previste, con una descrizione dettagliata delle caratteristiche, delle dimensioni e degli effetti attesi, delle eventuali attività di monitoraggio e loro durata.

La relazione dà atto che non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento, relativamente agli aspetti geologico, idraulico e sismico. In caso contrario, è necessario procedere ad aggiornare tale quadro conoscitivo con riferimento alla porzione di territorio interessata dalle mutate condizioni di pericolosità.

Lo studio adotta le metodologie di analisi e di redazione cartografica contenute nelle presenti direttive ed è condotto alla scala di redazione del piano attuativo.

Per la predisposizione delle relative varianti, si applicano le disposizioni di cui al presente paragrafo, in relazione agli ambiti e alle previsioni delle stesse.

CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEI FATTORI DI RISCHIO SISMICO

1. 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.14.1.2018.

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 (P)
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_{ploc}) 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 (I_{ploc})
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_{ploc}) (tab. 2).

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

Tab. 3

Pericolosità sismica	Valore di IP	Classe di Pericolosità (P_2)
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); $0,15g < Ag \leq 0,20g$ con zone instabili (S4) o zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3); $0,125g < Ag \leq 0,15g$ con zone instabili (S4)	4
medio-alta	$Ag > 0,20g$ con zone stabili (S1); $0,15g < Ag \leq 0,20g$ con zone stabili con amplificazione (S2); $0,125g < Ag \leq 0,15g$ con zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3) $Ag \leq 0,125g$ con zone instabili (S4)	3
medio-bassa	$0,15g < Ag \leq 0,20g$ con zone stabili (S1); $0,125g < Ag \leq 0,15g$ con zone stabili con amplificazione (S2) $Ag \leq 0,125g$ con zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3)	2
bassa	$0,125g < Ag \leq 0,15g$ con zone stabili (S1); $Ag \leq 0,125g$ 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

2. VULNERABILITÀ SISMICA

La vulnerabilità sismica rappresenta la propensione a subire un danno da parte del patrimonio edilizio e dei centri urbani a fronte di un evento sismico.

Livello 1

La vulnerabilità sismica è stata suddivisa in 4 classi e stimata, per ciascuna sezione di censimento Istat, in forma qualitativa, sulla base dei dati statistici disponibili forniti dall'Istat.

Tenuto conto dei dati statistici a disposizione e delle conoscenze consolidate in merito agli effetti dei terremoti sugli edifici, in questo ambito sono stati individuati indicatori intrinseci (rappresentati dalle caratteristiche dell'edificato censito) ed estrinseci (rappresentati dalle caratteristiche delle aree prese in considerazione) ai quali sono stati associati degli Indici di vulnerabilità.

Partendo da un valore di vulnerabilità di base correlato all'epoca di costruzione degli edifici, si ricava un indice di vulnerabilità complessivo (I_v) della sezione di censimento attraverso la sommatoria di ciascun indice dei diversi fattori presi in considerazione:

Fattori intrinseci degli edifici residenziali di ciascuna sezione di censimento:

- 1) Epoca di costruzione (Vulnerabilità di base)
- 2) Tipologia strutturale
- 3) Altezza degli edifici

Fattori estrinseci riferiti a ciascuna sezione di censimento:

- 4) Vulnerabilità urbana
- 5) Tipologia costruttiva (edifici a "grande luce")
- 6) Storia della classificazione sismica

Determinazione dell'Indice di vulnerabilità (I_v):

$$I_v = I_e + (I_t + I_a + I_u + I_s + I_c)$$

I_v	= indice di vulnerabilità	I_a	= indice di altezza
I_e	= indice di epoca di costruzione	I_u	= indice vulnerabilità urbana
I_t	= indice di tipologia strutturale	I_s	= indice di tipologia specialistica
		I_c	= indice di classificazione sismica

1) Epoca di costruzione

L'epoca di costruzione degli edifici è stata presa in considerazione per determinare la vulnerabilità di base. Per ogni epoca di costruzione così come riportato dal censimento Istat, è associato un coefficiente di vulnerabilità. Tali coefficienti derivano da una sintesi di quanto indicato nell'Ordinanza del P.C.M. 4007/2012, tenuto conto che:

- non c'è completa corrispondenza tra l'epoca di costruzione indicata nella suddetta Ordinanza e i periodi del censimento abitazioni dell'Istat;
- il censimento Istat fornisce dati disaggregati per tipologia strutturale ed epoca costruttiva e quindi non utilizzabili contemporaneamente.
- i periodi di riferimento sono stati raggruppati in 4 fasce.

Per ogni sezione di censimento è possibile calcolare un **Valore d'epoca medio (V_{epoca})** che risulta dalla seguente formula:

$$V_{epoca} = \frac{\sum N_{edif} \times K_e}{N_{edif\ tot}}$$

N_{edif} = numero edifici per ogni epoca di costruzione nell'area omogenea

K_e = coefficiente di epoca

$N_{edif\ tot}$ = numero totale edifici nell'area omogenea

Tab. 5

Epoca di costruzione	coefficiente di epoca (K_e)
precedente il 1945	100
1946-1970	65
1971-1990	35
successiva al 1990	15

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

Tab. 6

Valore d'epoca	Indice d'epoca
$V_{epoca} \geq 90$	4
$70 \leq V_{epoca} < 90$	3
$50 \leq V_{epoca} < 70$	2
$V_{epoca} \leq 50$	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

Rapporto edifici in CA sul totale	Indice di tipologia (I_t)
Superiore al 75% (C.A./Tot > 0,75)	-1
Inferiore o uguale al 75% (C.A./Tot ≤ 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_{altezza}) medio che risulta dalla seguente formula:

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

N_{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)
≥ 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_{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 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.

3. 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

Esposizion e 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:

$$IES = I_{\text{densità}} + I_{\text{destinazione}}$$

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 Livello1.

4. 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.

5. 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:

Classe di Rischio	Campitura aree omogenee		
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, in formato pdf, è 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 è adeguata rispetto alla rappresentazione di tutte le aree oggetto della valutazione di rischio con sufficiente dettaglio.

Il sistema di riferimento cartografico è effettuato in coordinate WGS84 fuso 32 Nord.

E' elaborato 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, trasmessa in formato pdf, contiene, 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. Sono, inoltre, descritte le caratteristiche delle aree esposte a maggior rischio, con particolare riferimento ad eventuali criticità rilevate.