

## INDICAZIONI PER LA VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI SITI

La recente DGR 1814/2020 disciplina le procedure tecnico-amministrative in materia sismica e sottopone gli "Interventi rilevanti" a specifica procedura di Autorizzazione. In particolare, anche fra gli interventi ritenuti generalmente ordinari individua la Tipologia "A.2. Nuove costruzioni in zona 2 che si discostino dalle usuali tipologie o particolarmente complesse", ovvero nuove costruzioni che si discostano dalle usuali tipologie o che per la loro complessità strutturale *"richiedono più articolate verifiche e calcolazioni"* (definite anche "nuove costruzioni non usuali"). Una delle novità è che tale fattispecie autorizzativa ricorre in funzione anche dei soli aspetti legati al rischio sismico per liquefacibilità dei terreni; a tal proposito è prevista l'autorizzazione sismica preventiva nei seguenti casi:

- 1) In aree in cui studi comunali di microzonazione sismica (MS) di terzo livello di approfondimento indicano un valore dell'indice potenziale di liquefazione (IL, talora indicato anche come IPL o LPI) sia superiore a 5,0 ( $IL > 5$ ), ovvero in aree con rischio di liquefazione elevato o molto elevato (Iwasaki, 1982; Sonmez et al. 2003).  
Per la verifica di tale condizione si farà riferimento alle cartografie di MS di terzo livello redatte in ambito di pianificazione comunale e pubblicate nel sito web della Regione Emilia-Romagna di cui al link <https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/>. Al fine di semplificare tale ricerca, la Provincia di Rimini ha predisposto un'apposita cartografia di riferimento riepilogativa degli studi di MS di terzo livello già redatti in ambito comunale, dove individua gli ambiti territoriali con  $IL > 5$ . [http://opensitua.provincia.rimini.it/webgis/16\\_Sismica\\_Ambiti/](http://opensitua.provincia.rimini.it/webgis/16_Sismica_Ambiti/)
- 2) In mancanza di studi di MS qualora il professionista eseguendo l'analisi di rischio di liquefacibilità verifica un valore di IL o IPL maggiore di 5,0.
- 3) In presenza di studi di MS che identificano l'area con valori di IL o IPL inferiori o uguali a 5,0 ma con analisi del professionista che verifica il valore di IL o IPL maggiore di 5,0.

Nelle altre situazioni (opere non ricadenti fra gli interventi rilevanti o A2), per quanto attiene i soli aspetti di rischio sismico per potenziale liquefacibilità dei terreni, è previsto il deposito sismico.

## SUGGERIMENTI E INDICAZIONI PER LA VERIFICA DELLA STABILITA' DI SITO PER LIQUEFAZIONE TRAMITE METODI SEMPLIFICATI

Ad integrazione della cartografia provinciale delle aree con IL maggiore di 5 si propongono alcune indicazioni procedurali al fine di chiarire alcuni aspetti delle norme e linee guida già vigenti (NTC2018 e relativa circolare esplicativa, EC8 come recepito negli Annex Nazionali, I.C.M.S. 2008, DGR 476/2021 e DGR 564/2021) e fornire un contributo per aumentare il livello di sicurezza del territorio.

In primo luogo, il professionista deve verificare se è stata effettuata la MS a scala comunale, intercomunale e/o provinciale e, in caso affermativo, ne deve riportare uno stralcio. Qualora non vi sia tale cartografia, il professionista deve dichiarare che per l'area in questione non esistono studi di MS di riferimento.

In ogni caso la verifica del potenziale di liquefazione di sito tramite metodi semplificati dovrà essere eseguita in ottemperanza alle NTC 2018 (e successive circolari applicative) o EC8 (come recepito negli Annex Nazionali), in modo da garantire standard realizzativi minimi come di seguito specificato:

1. Le nuove indagini geognostiche in sito, come già ampiamente indicato dalla letteratura scientifica ormai consolidata, saranno prove penetrometriche statiche a punta elettrica (CPTe)

e/o a punta elettrica e piezocono (CPTu) in numero commisurato alle dimensioni dell'opera da realizzare ed alla complessità stratigrafica e geologica del sito. La profondità minima delle indagini geognostiche minima sarà di 15 m (meglio se 20 m) e, comunque, rapportata allo spessore dei sedimenti granulari sciolti immersi in falda. In siti con depositi eterogenei si raccomanda anche l'esecuzione di analisi granulometriche di laboratorio.

2. Saranno utilizzati metodi di analisi semplificata riconosciuti e diffusi nell'ambito della comunità scientifica nonché di recente aggiornamento e con possibilità di approccio probabilistico (es. Idriss- Boulanger 2014, NCEER 2001, Robertson 2009-2015, Moss 2006, Juang et al 2000-2011, ecc.), adottando fattori di sicurezza di riferimento ( $FS=CRR/CSR$ ) commisurati all'importanza e livello di rischio associabili alle opere in progetto; indicativamente, per opere ordinarie, si ritiene adeguata l'adozione di curve limite che discriminino gli ambiti di liquefazione/non liquefazione secondo un livello di confidenza minimo dell'85% (curve con probabilità di liquefazione  $PL \approx 15\%$ ); per interventi più rilevanti o per opere strategiche si riterrà generalmente più adeguato un livello di confidenza maggiore (es. curve con  $PL < 15\%$ ).
3. È fortemente raccomandata la stima delle azioni sismiche di riferimento tramite analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) (Par. 7.11.3 DM2018), con riferimento allo SLV (o SLC ove previsto) ipotizzato per la classe d'uso e vita nominale delle opere in progetto.
4. Si raccomanda di considerare come magnitudo di riferimento quella massima della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004),  $M_w=6,14$  per le zone 912 e 917; in alternativa, potranno essere utilizzati valori diversi previa giustificata motivazione in rapporto all'importanza dell'opera, alla vita nominale e facendo debito riferimento ad es. alla max magnitudo storica, studi sismotettonici regionali, ecc. Si tenga presente che la stima della Magnitudo tramite il metodo della disaggregazione (Spallarossa e Barani, 2007) può comportare una sottostima; inoltre, tra i risultati delle analisi di disaggregazione sono generalmente utilizzati quelli con valore medio senza che esista una formale giustificazione tecnico-scientifica per questa scelta.
5. Il massimo innalzamento stagionale o media dei massimi innalzamenti del livello freatico dovrà essere adeguatamente giustificato in funzione delle caratteristiche idrogeologiche e topografiche del sito (non sono accettabili valori di soggiacenza della falda bassi se non ampiamente giustificati) e, all'occorrenza, monitorato con appositi dispositivi di controllo (piezometri).
6. All'occorrenza, e se opportunamente calibrati e supportati da adeguate indagini, potranno essere adottati metodi più avanzati di tipo dinamico, non lineari ed in tensioni efficaci.

Fermo restando la discrezionalità di esecuzione delle analisi di RSL in ogni situazione di progettazione geotecnica/strutturale, si ravvisa comunque la necessità di eseguirle nei seguenti casi:

- 1) qualora si sia in presenza di situazioni o studi di MS che prevedono IL maggiori di 5. In questi casi, lo studio di RSL potrà fornire un valore di PGA (o dati/profilo di CSR) più attinente alla specifica situazione geologico/stratigrafica locale, da inserire nelle verifiche di calcolo semplificate per una stima più accurata del potenziale di liquefazione dei terreni oltre che degli spettri di risposta elastica attesi per il sito in esame; tali procedure si rendono necessarie per poter giustificare eventuali differenze rispetto a quanto indicato dagli studi di MS;
- 2) qualora, pur in mancanza di studio di MS, si voglia affinare la verifica delle caratteristiche di comportamento dinamico del sito ai fini della verifica del potenziale di liquefazione oltre che a supporto di un più corretto dimensionamento strutturale.

Gli studi di RSL dovranno essere supportati da prospezioni geofisiche possibilmente di tipo attivo in foro e/o in array attivo/passivo (MASW, Re.Mi., ESAC, ecc.) congiuntamente a misure del rumore ambientale (HVSR), secondo approcci e configurazioni utili ad ottenere dati significativi sino ad adeguata profondità; tali indagini dovranno consentire la ricostruzione di un modello geofisico di sottosuolo e profili di velocità delle onde di taglio (Vs) sufficientemente accurati e rappresentativi dell'assetto locale. L'analisi di RSL potrà essere effettuata generalmente secondo modelli monodimensionali, riservando alle situazioni più complesse eventuali elaborazioni di tipo bidimensionale. Per opere di maggiore importanza si ritiene opportuno indagare il sottosuolo tramite sondaggi a carotaggio continuo, prove sismiche in foro di adeguata profondità (down hole, cross-hole), prelievo di campioni indisturbati, analisi di laboratorio (granulometrie, indice dei vuoti, limiti di Atterberg, ecc.) nonché di appositi test di laboratorio in condizioni dinamiche e/o cicliche (colonna risonante, taglio torsionale, triassiale ciclico, taglio ciclico) per una opportuna calibrazione dei modelli di calcolo. Particolare attenzione dovrà essere posta nell'individuazione del bedrock sismico.

I metodi di calcolo e di analisi dovranno essere di riconosciuta qualità ed affidabilità, in grado di fornire tutti i parametri sismici e di comportamento dinamico/ciclico della colonna di terreno (in termini di storie temporali, spettri e profili).

L'analisi RSL dovrà essere condotta tenendo conto sia delle condizioni di free-field (per la definizione dei parametri utili alle verifiche di liquefacibilità) che delle quote/configurazioni di riferimento per gli apparati di fondazione/sostegno, quale utile riferimento al progettista geotecnico e/o delle strutture.