

COLLANA TECNICA



**A.N.I.M.**  
Associazione Nazionale Ingegneri  
Minerari, delle Georisorse e  
delle Geotecnologie

# NTC 2008 e attività estrattiva

Riflessioni sulle novità proposte e sull'applicazione del metodo

**DOCUMENTO TECNICO ANIM  
NORME TECNICHE SULLE  
COSTRUZIONI (NTC) E ATTIVITÀ  
ESTRATTIVA – RIFLESSIONI SULLE  
NOVITÀ PROPOSTE E  
SULL'APPLICAZIONE DEL METODO**

Il Consiglio Nazionale dell'ANIM, nella seduta del 15 ottobre 2010, ha esaminato ed approvato il documento "Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC) e attività estrattiva riflessioni sulle novità proposte e sull'applicazione del metodo", predisposto da Nando Ferranti, Giovanni De Caterini e Quintilio Napoleoni, su richiesta dell'Associazione Nazionale Ingegneri Minerari.

Il documento sopra richiamato affronta un argomento importante per i professionisti che si occupano di progettazione delle attività estrattive e, in particolare, delle verifiche di stabilità delle fronti di scavo: a seguito dell'entrata in vigore dal 1 luglio 2009 delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, sono introdotte sostanziali novità in termini di progettazione geotecnica, da intendere applicabili anche al settore estrattivo, mentre la normativa in materia di cave e miniere trova applicazione per quanto non specificatamente previsto dalle NTC.

La normativa specifica in materia di stabilità delle fronti nelle attività estrattive, affrontata prima nel DPR n. 128/1959 e quindi nel decreto legislativo, n. 624/1996, si limita a dare indicazioni di principio, certamente non contestabili in via teorica, ma assolutamente insufficienti a guidare e coordinare l'azione dei progettisti per un corretto dimensionamento delle fronti di scavo stesse.

Le indicazioni di massima previste dalla normativa prevenzionistica non sono state tradotte in specifici criteri, linee guida, indicazioni o raccomandazioni che possano rendere agevole il lavoro concreto dei progettisti

Risulta evidente come le NTC costituiscano un valido riferimento per progettisti ed operatori minerari. Con il documento tecnico in premessa l'ANIM ritiene di fornire indicazioni concrete e operative per una corretta applicazione delle NTC.

Il presente documento rappresenta il primo di una serie dedicata a specifiche problematiche tecniche afferenti al settore estrattivo e degli scavi civili

**Il Presidente ANIM  
Ing. Domenico Savoca**

<sup>1</sup>Ingegnere minerario, Vicepresidente ANIM

<sup>2</sup>Geologo, Studio Greenpit Roma

<sup>3</sup>Ingegnere, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

# NTC 2008 e attività estrattiva

## Riflessioni sulle novità proposte e sull'applicazione del metodo

Nando Ferranti<sup>1</sup>, Giovanni De Caterini<sup>2</sup>, Quintilio Napoleoni<sup>3</sup>

<b>1. Premessa</b> .....	1
<b>2. Il nuovo approccio ai problemi geotecnici in riferimento al settore estrattivo</b> .....	1
<b>3. Le novità teoriche e applicative della NTC 08</b> .....	3
<b>3.1 Punto A – Ingegneria geotecnica e ingegneria delle strutture</b> .....	3
<b>3.2 Punto B – La verifica con l'applicazione del metodo semiprobabilistico agli stati limite</b> ...	3
<b>3.2.1 Punto B.1 Stati limite</b> .....	4
<b>3.2.2 Punto B.2 Metodo semiprobabilistico</b> .....	4
<b>4. Punto C – il nuovo metodo per valutare la pericolosità sismica</b> .....	6
<b>4.1 Risposta sismica locale</b> .....	6
<b>4.1.1 a) Determinazione dei valori di accelerazione sismica di riferimento</b> .....	7
<b>4.1.2 b) Tempo di ritorno dei sismi</b> .....	7
<b>4.1.3 c) Azioni sismiche e periodo di riferimento (Vr)</b> .....	7
<b>4.2 c) Azione sismica di progetto</b> ...	8
<b>5. Norme di progettazione e verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche</b> .....	10
<b>6. Conclusioni</b> .....	11
<b>7. Bibliografia</b> .....	13

SOMMARIO

### 1. Premessa

Dal 1 luglio 2009 sono entrate in vigore le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 08) le quali rispondono sia alla necessità di uniformare gli standard di sicurezza nell'ambito dell'Unione Europea sia all'obiettivo di unificare, in un unico testo di legge, l'intera normativa riguardante le costruzioni. La filosofia che guida queste operazioni di unificazione e standardizzazione degli approcci progettuali è quella di ridurre il più possibile la discrezionalità e di fornire elementi chiari e univoci ai quali riferirsi nella valutazione della sicurezza delle opere. L'intento è lodevole e fondamentale sia per stimolare la comunità scientifica e i tecnici ad aggiornarsi, sia per la sicurezza degli utenti finali che, per le opere di ingegneria, sono l'intera comunità.

L'applicazione però delle norme, soprattutto nelle fasi iniziali (considerato anche la vastità degli argomenti trattati), non è stato sempre elementare poiché il tecnico si è trovato ad applicare un nuovo approccio alla verifica della sicurezza (metodo semiprobabilistico agli stati limite) che, come è noto, è molto lontano dalla pratica progettuale fino ad oggi comunemente applicata.

A distanza di un anno dall'entrata in vigore della nuova normativa si propongono, con questo articolo, una serie di riflessioni intorno alle problematiche incontrate nell'applicazione ai problemi geotecnici che si affrontano generalmente nell'ambito dell'attività estrattiva svolta a cielo aperto, vale a dire la verifica di stabilità sia dei fronti di scavo e di abbandono, sia dei depositi di sterili, cumuli di materiali naturali o di scarto e dei bacini di decantazione.

### 2. Il nuovo approccio ai problemi geotecnici in riferimento al settore estrattivo

Nell'ottica del quadro normativo, la NTC 08 ha accorpato i riferimenti precedenti in merito alla progettazione geotecnica e ne ha cambiato l'approccio metodologico e scientifico, ma riguardo alle questioni relative ai fronti di scavo dell'attività estrattiva si esprime nel seguente modo (Par.C6.8.6 Circ. 2/2/2009 n. 617):

“I fronti di scavo indicati nella norma cui si riferiscono le presenti istruzioni attengono ad esempio a scavi di fondazioni, trincee stradali o ferroviarie, canali ecc. Per gli aspetti non trattati nelle NTC nei riguardi dei fronti di scavo di miniere e cave ci si riferisca alla specifica normativa”.

La situazione rimane, da un punto di vista normativo, pertanto, esattamente uguale alla precedente. La normativa specifica dedicata alla stabilità dei fronti di cava ed ai conseguenti adempimenti da attuare in cantiere è contenuta inizialmente nel D.P.R. n. 128 del 9 aprile 1959 - “Norme di Polizia delle Miniere e Cave” e precisamente in vari articoli: all’art. 117 (Ispezione delle fronti), art. 118 (Terreni di copertura), art. 119 (Fronti di abbattimento: è vietato tenere a strapiombo le fronti di escavazione. Quando le stratificazioni o le naturali fratture della roccia rendono gli strapiombi inevitabili, o quando la natura della roccia renda comunque malsicuro il fronte di scavo, la coltivazione deve comunque essere condotta procedendo dall’alto in basso con gradini di altezza riconosciuta idonea dall’ingegnere capo, oppure con l’impiego di altri; mezzi atti ad evitare ogni pericolo e riconosciuti idonei dallo stesso ingegnere capo), art. 121 (Escavazioni meccaniche), art. 129 (Disgaggio).

Successivamente il Decreto Legislativo n. 624 del 25 novembre 1996 - “Attuazione delle direttive 92/91/CEE e 92/104/CEE” prevede che (art. 10 – Contenuti del DSS) il DSS indichi le soluzioni adottate per la “stabilità dei fronti”, che (art. 50) “I depositi di sterili, i cumuli, i terreni ed altre aree di deposito, nonché i bacini di decantazione devono, conformemente alle normative vigenti, essere progettati, costruiti, organizzati e gestiti in modo da garantirne la stabilità e da salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori”, che (art. 52) “prima dell’inizio dei lavori di coltivazione, il datore di lavoro predisponga una relazione sulla stabilità dei fronti e che .....la relazione sia aggiornata annualmente...”.

Già prima dell’entrata in vigore dell’attuale normativa era aperto un interessante dibattito sulla scelta dei coefficienti di sicurezza nell’ambito delle attività estrattive (Molini e Polselli, 2000).

In particolare si ricorda che l’abitudine di fissare per la progettazione dei fronti (provvisori e di abbandono) di una cava o miniera un valore non inferiore a 1,3 non fosse esplicitamente citata né nella normativa specifica riguardante il settore estrattivo né nel Decreto Ministeriale dell’11/03/88 (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione).

Volendo applicare, per analogia, quanto riportato in altre parti del DM 11/3/88 (anche se era esplicitamente indicato che non riguardasse cave e miniere), non si leggeva in esse un esplicito riferimento al valore minimo del coefficiente di sicurezza che i gradoni e il cantiere di scavo dovessero rispettare, ma si sottolineava semplicemente che il margine di sicurezza fosse funzione della definizione dei modelli geologici e geotecnici, del grado di conoscenza dei parametri caratteristici, dei metodi di escavazione e anche di una generale stima della vulnerabilità del contesto.

La prassi pertanto di indicare come “*limes*” della sicurezza il fatidico 1,3, non nasceva da una specifica indicazione della normativa ma da una forzatura interpretativa di una circolare (circolare 30483 del 24/09/1988 del Ministero dei Lavori Pubblici “Istruzioni esplicative del D.M. 11/03/1988”, con una assimilazione diretta dei fronti di cava ai pendii artificiali, diventata poi consuetudine tra tecnici e amministratori, che prendeva come riferimento l’unico coefficiente minimo di riferimento palesemente espresso in relazione ai pendii che era rivolto però esclusivamente ai generici “fronti di scavo” non minerari.

Con la nuova normativa questa impalcatura concettuale non si smonta, anzi si consolida; infatti, applicando letteralmente la norma nuovamente ai “fronti di scavo”, il tecnico, ora come prima, è vincolato da un sistema concettualmente restrittivo, valido per un ambito di progettazione non specificamente dedicato, nel quale il coefficiente di sicurezza globale non deve più essere non inferiore a 1,3 ma maggiore o uguale a 1,1 (dopo l’applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali ai parametri di progetto).

Il problema ovviamente non è patologico della norma, che invece costituisce un valido passo avanti sia a favore della sicurezza che della scientificità del metodo, ma nella mancanza di avere un riferimento specifico alla progettazione e gestione dei cantieri estrattivi.

Ai fini dell'applicazione della NTC08 è utile richiamare preventivamente alcuni concetti base che consentono di capire meglio l'approccio progettuale e quindi di applicare il metodo con maggiore consapevolezza cominciando a sviluppare una "sensibilità" sui risultati dei calcoli che il progettista, a volte anche in modo inconsapevole, considerava acquisita con il metodo delle tensioni ammissibili.

### 3. Le novità teoriche e applicative della NTC 08

Da un punto di vista teorico e applicativo, le novità della NTC 08 rispetto alle precedenti normative possono essere inquadrare nei seguenti quattro punti (Vannucchi, 2009):

- A. raggruppa in un testo unico di legge sia la normativa in materia di ingegneria geotecnica sia quella in materia di ingegneria strutturale;
- B. introduce il metodo semi-probabilistico agli stati limite per le verifiche di sicurezza delle opere geotecniche;
- C. introduce un nuovo metodo per la valutazione della pericolosità sismica;
- D. introduce specifiche norme di progettazione e verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche.

#### 3.1 Punto A – Ingegneria geotecnica e ingegneria delle strutture

Le due discipline erano state fino ad oggi separate sia sul piano concettuale che su quello normativo per un approccio, almeno nella pratica progettuale, fondamentalmente diverso. Il sistema fisico trattato dall'ingegneria strutturale è costituito da materiali da costruzione come l'acciaio e in misura minore il c.a. con comportamento, in determinati ambiti di carico, elastico, omogeneo e isotropo. In questo contesto è possibile applicare la teoria dell'elasticità che consente di calcolare, conosciuta la mas-

sima tensione ammissibile, il margine di sicurezza della struttura sottoposta a stress in funzione delle deformazioni che il sistema fisico subisce.

In geotecnica, invece, il mezzo fisico, costituito da terreni e da rocce, soprattutto in ammassi di dimensione discreta non è elastico (al più può essere considerato tale solo per piccole deformazioni), difficilmente omogeneo e quasi mai isotropo. Nella consuetudine la stima della sicurezza delle fondazioni, delle opere di sostegno, della stabilità dei pendii, etc sono svolte ipotizzando il mezzo rigido perfettamente plastico nelle condizioni di equilibrio limite a rottura. Questo comportamento reologico non consente di effettuare la stima delle deformazioni e degli spostamenti.

Lo studio delle condizioni di esercizio era, invece, affrontato o in maniera indipendente con un approccio in campo elastico (dopo avere progettato l'opera con un adeguato coefficiente di sicurezza) o sulla base di conoscenza empiriche. Solo la diffusione dei calcoli agli elementi finiti o alle differenze finite, soprattutto nelle grandi opere, ha consentito di stimare contemporaneamente il campo delle tensioni e delle deformazioni.

Rimane comunque la difficoltà di avere a disposizione dati sperimentali attendibili e rappresentativi sia per la numerosità ed il costo delle prove (giustificato se si eseguono opere importanti) che per la scarsità di dati di confronto. Si rischia inoltre, applicando impropriamente dati approssimativi nei modelli numerici, di ottenere dati altrettanto poco significativi.

#### 3.2 Punto B – La verifica con l'applicazione del metodo semiprobabilistico agli stati limite

L'approccio proposto per la stima della sicurezza nelle opere geotecniche nella NTC 08 contempla l'applicazione del metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Il metodo verifica la sicurezza di un sistema (pendio, fondazione etc.) quando in esso la "Capacità" ( $R_d$ ) non è inferiore alla "Domanda" ( $E_d$ ) quindi deve risultare:  $R_d \geq E_d$ .

I due termini: "metodo semi-probabilistico" e "stati limite" sono utilizzati così spesso insieme che si tende a dimenticare che si tratta di due concetti distinti e indipendenti (Vannucchi, 2009).

### 3.2.1 Punto B.1 Stati limite

La NTC 08 (cap. 2, par. 2.1) per “stati limite” intende: “la condizione superata la quale l’opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata”. Gli stati limite possono essere ultimi (SLU) o di esercizio (SLE). Il superamento di uno stato limite ultimo è irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio può essere reversibile o irreversibile. In prima approssimazione si può dire che la verifica allo stato limite ultimo garantisce rispetto alla rottura, mentre la verifica allo stato limite di esercizio garantisce rispetto a deformazioni eccessive.

### 3.2.2 Punto B.2 Metodo semiprobabilistico

Innanzitutto è fondamentale effettuare la stima delle grandezze  $R_d$  (capacità del sistema ovvero la resistenza disponibile) ed  $E_d$  (domanda del sistema ovvero effetto delle azioni) le quali dipendono da una serie di variabili indipendenti e di relazioni funzionali. La resistenza di un pendio dipende, ad esempio, dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali e dalla geometria del versante, mentre l’effetto delle azioni destabilizzanti è funzione, ad esempio, dell’intensità, distribuzione, frequenza e durata delle azioni esterne.

Per determinare queste variabili indipendenti si possono usare metodi probabilistici, probabilistici semplificati e metodi semiprobabilistici o dei coefficienti parziali.

Nella pratica dell’ingegneria civile i primi due approcci sono di difficile applicazione (sono troppe le variabili aleatorie, i dati sono pochi per un trattamento probabilistico etc.), si applicano allora i metodi semiprobabilistici in cui per determinare le variabili da utilizzare nella verifica (valori di progetto), si applicano valori corretti da coefficienti parziali di norma empirici.

Operando in questo modo il metodo stesso contiene il processo di calibrazione e consente di distinguere e pesare diversamente le diverse fonti di incertezza sul risultato. Si solleva quindi il progettista dall’applicare l’approccio statistico e probabilistico e gli si forniscono dei parametri di progetto, da applicare ai propri calcoli, elaborati in maniera empirica.

Un breve accenno al significato dei coefficienti par-

ziali ed al significato di resistenza caratteristica è assolutamente necessario per meglio comprendere e quindi applicare la normativa.

Il valore caratteristico di un parametro di resistenza o di un’azione ha, in linea generale, un significato statistico legato al percentile che esso rappresenta. Ciò esso rappresenta il valore fra le resistenze che ha la probabilità del 5% di non essere la resistenza minima del materiale. Per le azioni, invece, che hanno un ruolo sfavorevole per la sicurezza dell’opera, il frattile è il 95%. Ciò esso rappresenta il valore fra le azioni che ha la probabilità del 95% di essere la sollecitazione massima applicata (Eurocodice 7).

Questa definizione implica, però un approccio probabilistico al dato che non è sempre possibile nella progettazione geotecnica.

Giustamente, nelle NTC, invece, il valore caratteristico di un parametro di resistenza è scelto come: “... una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”.

Il significato è meglio chiarito nelle Istruzioni: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.” (Istruzioni – par. C6.2.1).

Dal valore caratteristico si deve, poi, definire il valore di progetto. Nell’approccio semiprobabilistico, come già detto, il passaggio si esegue dividendo il parametro caratteristico per il proprio coefficiente parziale.

La loro funzione è di ridurre il frattile (ad esempio dal 5% al 5%) ed il loro valore dovrebbe teoricamente derivare da un'analisi probabilistica della variabilità del parametro geotecnico considerato. Essi sono stati, quindi, scelti in base all'esperienza ed in base alla variabilità intrinseca di ogni parametro. A questo proposito la NTC prevedono che le verifiche di sicurezza per le opere e i sistemi geotecnici possano essere eseguite utilizzando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali indicati nella normativa in apposite tabelle per arrivare ai parametri di progetto relativamente alle azioni (A1 e A2), ai parametri geotecnici (M1 e M2) e alla resistenza del sistema nel suo complesso (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali (in dipendenza del fatto che la verifica sia relativa ad elementi strutturali o ad agli aspetti geotecnici) distinti e alternativi in funzione della combinazione dei coefficienti parziali (Approccio 1 e Approccio 2). Per quanto riguarda le opere in materiali sciolti ed i fronti di scavo al paragrafo 6.8.2 la NTC 08 impone l'Approccio 1 combinazione 2 con A2+M2+R2. Quindi le "azioni" applicate all'opera sono corrette secondo la Tabella 1 (Tab. 6.2.I – NTC08).

Azione	Simbolo	Coefficienti parziali $\gamma_m$	
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
Permanente sfavorevole	$\gamma_G$	1,3	1,0
Permanente favorevole		1,0	1,0
Variabile sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5	1,3
Variabile favorevole		0,0	0,0

**Tabella 1** – Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche agli SLU

I parametri geotecnici caratteristici devono essere, invece corretti con i coefficienti parziali della Tabella 2 (Tab. 6.2.II – NTC)

Parametro	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficienti parziali $\gamma_m$	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1.0	1.25
Coesione efficace	$C'_k$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_R$	1.0	1.0
Resistenza a compressione uniassiale	$q_u$	1.6	

**Tabella 2** – Coefficienti parziali per i parametri dei terreni delle rocce

Mentre per la resistenza complessiva del pendio/scavo deve essere adottato un valore del coefficiente di sicurezza parziale ( $\gamma_R$ ) non inferiore a 1.1.

Più complessa è l'applicazione del metodo ai pendii naturali (dove potrebbero essere inserite le aree di coltivazione) in quanto il coefficiente ( $\gamma_R$ ) minimo da rispettare sulla resistenza del sistema non è univocamente definito ma deve essere: " ..ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenza raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana".

In altre parole non ci si discosta molto dall'approccio della vecchia normativa, in cui su questo argomento complesso e delicato si lasciava al progettista la scelta del livello di sicurezza minimo. In teoria questo approccio è decisamente corretto, tuttavia l'incertezza e la discrezionalità che lascia potrebbe non garantire un adeguato livello di sicurezza dell'opera.

In linea di massima, proprio per la complessità geologica, stratigrafica e idrogeologica di un pendio naturale rispetto ad un pendio artificiale ovvero al volume di terreno interessato rispetto ad uno scavo di altezza ordinaria ed in relazione alla difficoltà di caratterizzazione che spesso si hanno su vaste aree, si ritiene che il valore del coefficiente  $\gamma_R$  sia da intendersi come un valore minimo possibilmente da aumentare.

Una riflessione particolare merita, soprattutto nel caso di fronti di coltivazione in materiale lapideo, la scelta e l'applicazione dei coefficienti parziali sulle rocce. La norma dice che "al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale  $q_u$  deve essere applicato un coefficiente parziale  $\gamma_R = 1.6$ "; per gli ammassi rocciosi, invece, "nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali".

Appare chiaro, quindi, che i valori di progetto per un ammasso roccioso si ottengono dai valori ca-

ratteristici (ad esempio  $c$  e  $\varphi$ ) ricavati dall'applicazione del metodo scelto (GSI, Bieniawski, Barton) a partire dai valori caratteristici delle rocce ( $\sigma_c$  e caratteristiche dei giunti) per essere poi trasformati in valori di progetto dopo essere stati divisi per il coefficiente parziale.

Tuttavia questo modo di procedere non è pienamente condivisibile, in quanto i valori presenti nell'NTC08 dei coefficienti parziali per  $c'$  e  $\varphi'$  sono stati scelti e calibrati sui terreni sciolti per tenere in conto la loro variabilità tipica e quindi esprimono direttamente un significato semi-probabilistico solo in questo campo. Invece nulla si può dire sulla loro applicabilità ai risultati di una caratterizzazione dell'ammasso roccioso attraverso qualsiasi metodo.

In mancanza di studi specifici, però, l'uso dei coefficienti parziali di  $c$  e  $\varphi$  appare inevitabile ma non è detto che essi portino ad un approccio di progettazione conservativo.

## 4. Punto C – Il nuovo metodo per valutare la pericolosità sismica

Questa è una novità molto importante della NTC 08, che allinea la normativa italiana, a quella degli altri Paesi europei. La NTC 08 tratta l'argomento nel capitolo 3 dove definisce i concetti e i principi generali e nel capitolo 7 dove definisce le modalità di applicazione per ciascuna tipologia di progetto. La pericolosità sismica si fonda su due concetti fondamentali trattati nell'articolo separatamente: la "risposta sismica locale" intesa come pericolosità intrinseca di base o di riferimento e "l'azione sismica di progetto" riferita alle azioni indotte dal terremoto sulle opere.

### 4.1 Risposta sismica locale

"Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in con-

dizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4."

... omississ... . Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale".

Dal testo si evincono le tre novità contenute nella NTC 08:

- a) la nuova modalità con cui si determinano i valori dell'accelerazione e gli spettri di risposta;
- b) il riferimento al sorpasso della "probabilità di superamento" nel periodo riferito PVR;
- c) vita di riferimento (o periodo) dell'opera VR (la normativa altrove usa il termine periodo di riferimento per indicare i periodi di ritorno – PVR) intesa come prodotto tra la vita nominale e la classe d'uso.

Il quadro che si è disegnato è assai complicato ma l'ultimo periodo del 3.2 afferma: "...In allegato (A e B della normativa ndr) alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche".

Questo vuol dire che esulando dalla difficoltà concettuale intrinseca alla materia trattata, l'applicazione pratica è assai semplice in quanto la normativa in mancanza di specifiche analisi di risposta sismica locale (che si ottengono eventualmente con prove in sito e studi appositi) consente l'uso dell'approccio semplificato (§ 3.2.2).

Tale approccio è basato sul riconoscimento (tramite prove) della "Categoria di suolo" (Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC 08) che interessa le opere da verificare ma cui attribuire una fissata risposta sismica locale



e quindi modificazione della sollecitazione sismica.

Il calcolo dei parametri richiesti e la valutazione dello spettro si effettuano o applicando le tabelle A e B della normativa, con il foglio di calcolo "spettri" scaricabile liberamente dal sito [www.infrastrutture.gov.it/consuplp](http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp), o con altri software in commercio.

**4.1.1 a) Determinazione dei valori di accelerazione sismica di riferimento**

Nelle precedenti normative i valori di accelerazione di riferimento erano assegnate ad aree geografiche dette "zona sismiche" che corrispondevano ai limiti amministrativi comunali.

Le zone sismiche erano distinte in quattro classi di pericolosità (OPCM 3519/06 – NTC 05) a ciascuna delle quali era assegnato un valore di accelerazione orizzontale massima. L'accelerazione era stimata in condizioni simili alla NTC 08 (campo libero su sito di riferimento rigido, superficie topografica orizzontale di categoria A), con la probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).

La NTC 08 cambia completamente l'approccio. Abbandona il concetto di zona sismica che permane con mero valore amministrativo e discretizza il territorio italiano in base ad una griglia costituita da migliaia di nodi ai quali, sulla base di studi probabilistici svolti dall'INGV, sono assegnati i valori caratteristici di accelerazione massima orizzontale del terreno e l'ancoraggio dello spettro di risposta elastico riferiti ad un'ideale condizione di affioramento di substrato rigido (terreno di Categoria A), in condizioni di campo libero e superficie topografica orizzontale.

**4.1.2 b) Tempo di ritorno dei sismi**

La risposta sismica locale esprime la probabilità che si possa verificare un sisma che generi determinati valori di accelerazione massima. Questa probabilità è espressa come probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR o "tempo di ritorno (Tr)".

La probabilità di superamento di un certo valore in un periodo di tempo, varia in funzione "dell'intensità" del sisma stesso; in un determinato luogo l'accelerazione massima relativa ad un terremoto con Tr pari a 30 anni è sicuramente minore rispetto a quella di un sisma con Tr pari a 475 anni.

I tempi di ritorno Tr, indicati dalla normativa sono

nove, compresi tra 30 e 2500 anni.

Il tempo di ritorno da scegliere per l'opera di progetto è stimato in base alla vita attesa e alla classe di utilizzo dell'opera stessa.

La NTC 08 impone che le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, sono da riferirsi all'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati come riportati nella Tabella 3 (tab. 3.2.1 NTC 08).

Parametri sismici per i diversi SLU	
Operatività (SLO)	
Probabilità di superamento	81 %
Tr:	45 [anni]
Danno (SLD)	
Probabilità di superamento	63 %
Tr:	75 [anni]
Salvaguardia della vita (SLV)	
Probabilità di superamento	10 %
Tr:	712 [anni]
Prevenzione dal collasso (SLC)	
Probabilità di superamento	5 %
Tr:	1462 [anni]

Tabella 3 – Tempi di ritorno dei sismi associati agli Stati Limite

**4.1.3 c) Azioni sismiche e periodo di riferimento (Vr)**

Al 2.4.3 la NTC 08 afferma che il periodo di riferimento VR per il quale bisogna calcolare le azioni sismiche su ciascuna costruzione e/o sistema geotecnico si ricava moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$V_R = V_N \times C_U$$

"La vita nominale ... VN è intesa come il numero di anni nel periodo del quale la struttura (soggetta alla manutenzione ordinaria) e/o il sistema, devono potere essere usati per lo scopo al quale sono destinati. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tabella 4 (Tab.. 2.4.1. NTC 08).

Tipi di costruzione	Vita nominale V <sub>n</sub> (in anni)	
1	Opere provvisorie, Opere provvisorie, Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 4 – Vita nominale per differenti opere

Le classi d'uso  $C_u$  delle costruzioni, in presenza di azioni sismiche, sono definite con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso (Tabella 5).

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 5 – Classi d'uso definite dalla NTC 08

Il parametro  $C_u$  si ricava dalla Tabella 6 (Tab. 2.4 II NTC08).

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 6 – Valori del coefficiente  $C_u$

La normativa al § 2.4.3 impone una considerazione estremamente importante ai fini dell'attività estrattiva: il valore di VR per tutte le opere che hanno vita di riferimento inferiore a 35 anni, come ad esempio i fronti di coltivazione, devono essere trattati come se fossero di almeno 35 anni.

Invece per i pendii permanenti e/o i pendii naturali VN può essere posto, in prima approssimazione, a 50 anni con Classe d'uso II associata.

Questi valori, tuttavia, dovranno essere ipotizzati di volta in volta dal progettista in funzione dell'impor-

tanza dell'opera e delle eventuali conseguenze del crollo in fase sismica

#### 4.2 c) Azione sismica di progetto

Al § 7.11.3 la NTC 08 propone il metodo per valutare le azioni sismiche di progetto delle opere geotecniche. In esso si afferma che le condizioni del sito di riferimento rigido relativo alla risposta sismica locale possono non corrispondere a quelle effettive in quanto non tengono conto della Risposta sismica locale. È necessario, pertanto, per definire le caratteristiche di progetto, tenere in considerazione sia le caratteristiche stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera sia l'assetto topografico, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare ampiezza, durata e contenuto in frequenza, dell'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Applicando il sistema semplificato, come riportato nel 3.2 della NTC 08, agli effetti della risposta sismica locale sull'azione sismica si introduce un coefficiente  $S(\geq 1)$ , moltiplicativo dell'accelerazione spettrale  $S_e(T)$  ed un coefficiente  $C_{\geq 1}$ , moltiplicativo del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Il coefficiente  $S$  è il prodotto di un coefficiente di amplificazione stratigrafica,  $S_s$ , e di un coefficiente di amplificazione topografica,  $S_T$ . Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  è funzione della categoria di sottosuolo (Tabelle 3.2.II e 3.2.III NTC 08) e dell'accelerazione massima al sito  $a_g$  (Tabella 3.2.V NTC 08). Il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  è funzione della categoria topografica e dell'eventuale presenza di un manufatto interferente con il pendio (Tabella 3.2.VI NTC 08). Ai fini delle verifiche di stabilità con metodi pseudostatici nei cantieri estrattivi, è importante solo il coefficiente  $S$ .

Quindi, in assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

Per la valutazione del parametro  $S_s$  si deve fare riferimento alla Tabella 7 (Tab. 3.2 I e 3.2 III) da

cui si evince che il parametro significativo che distingue i diversi terreni è la  $V_{s30}$  che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo.

Il ricorso alla classificazione con le SPT (per terreni non coesivi) piuttosto che con la  $C_u$  (per terreni coesivi), non si ritiene sempre percorribile e potrebbe portare a forti indecisioni.

Per la valutazione della Risposta Sismica locale si dovrebbe fare riferimento sempre a misure in sito delle onde di taglio con prove in foro (*down-hole* o *cross-hole*) oppure prove geofisiche superficiali (MASW).

pendii con inclinazione media inferiore a  $15^\circ$  e per altezza del fronte minore di 30 m.; in tal caso (talvolta presente nelle aree di coltivazione) il valore di  $S_T$  può essere posto pari a 1.0.

La stabilità dei pendii, nei confronti dell'azione sismica di progetto, può essere verificata con metodi semplificati di tipo pseudostatico. Tale metodo consiste nel verificare la stabilità di una massa di terreno delimitata dalla superficie libera e dalla più sfavorevole delle superfici di potenziale scorrimento. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappre-

Tipo di terreno	Descrizione del profilo stratigrafico	$V_{s30}$ (m/s)	$N_{SPT30}$	$C_{u30}$
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	360 - 800	> 50	> 250
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	< 180	< 15	< 70
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore ai 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido (con $V_{s30} > 800$ m/s).	Valori simili ai terreni di tipo C o D	Vedi C e/o D	Vedi C e/o D
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} > 100$ m/s che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10 - 20
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti (sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica)	-	-	-

Tabella 7 – Categorie di sottosuolo

Per la valutazione dell'amplificazione topografica (§ 7.11.3.3) il parametro  $S_T$  deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m.

Gli effetti topografici possono essere trascurati per

sentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione di eventuale opera interferente	$S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	Nessuna struttura	1
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2

Tabella 8 – Coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Particolare attenzione dovrà essere posta, inoltre, alla scelta del metodo di calcolo del coefficiente di sicurezza, in quanto scelte errate possono portare a notevole sovrastima del coefficiente di sicurezza. Si consiglia di adottare metodi ampiamente consolidati nell'ingegneria geotecnica, con particolare riferimento ai metodi cosiddetti: "equilibrati" (ad esempio Morgenstern e Price).

Nelle verifiche allo SLU, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forze equivalente possono esprimersi come:

$a_g(g)$	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	
	A	B,C,D,E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

**Tabella 9** – Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$$F_h = k_h \cdot W \quad F_v = k_v \cdot W \quad (7)$$

dove  $k_h$  e  $k_v$  sono rispettivamente i coefficienti sismici orizzontale e verticale e risultano pari a:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g) \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (8)$$

dove

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella tabella sottostante: Nel metodo pseudostatico non si hanno informazioni sulla deformazione del pendio a seguito del sisma; nella maggior parte dei casi, tuttavia, questa informazione non è necessaria alla progettazione di una cava.

Qualora, invece, le operazioni di coltivazione ma più facilmente quelle di recupero/ripristino, possano avere interferenza con opere esistenti, l'analisi degli spostamenti permanenti può essere condotta con metodi dinamici semplificati come quello di Newmark.

## 5. Norme di progettazione e verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche

La NTC 08 e le "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2 febbraio 2009" forniscono indicazioni sulla modalità di progettazione e verifica dei sistemi geotecnici dedicando specifiche prescrizioni in funzione della tipologia dell'opera: pendii naturali, fondazioni, fronti di scavo e opere in materiale sciolto etc.; tra queste voci non è prevista in modo esplicito, si ricorda, la progettazione dei fronti di cave e miniere che è rimandata, in modo del tutto generale, alla normativa specifica.

Per le verifiche si applicano pertanto le norme riguardanti i fronti di scavo o i rilevati ai quali è dedicato uno specifico paragrafo.

Nel § 6.1.2 "Prescrizioni generali" la norma impone, che per la definizione delle scelte progettuali si deve tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali".

Per la presentazione dei risultati della progettazione, si devono produrre due documenti separati: la Relazione Geologica e quella Geotecnica.

Nella relazione geologica si devono riportare i risultati dello studio relativamente alla ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (§6.2.1 NTC 08). Nella relazione geotecnica invece si devono riportare le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini (anche se al §6.2.1 si afferma che "... Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica."), la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, i calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive (§ 6.2.2 NTC 08).

Nel § 6.2 (articolazione del progetto) la NTC 08 impone la definizione dei seguenti aspetti progettuali: caratterizzazione e modellazione geologica del sito; scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;

caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;  
 descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;  
 verifiche della sicurezza e delle prestazioni;  
 piani di controllo e monitoraggio.

La novità della norma è rappresentata soprattutto negli ultimi due punti, in particolar modo nei confronti del controllo e monitoraggio delle opere.

Per quanto riguarda l'attività estrattiva in generale, essa è citata esplicitamente nelle Norme solo al § 6.12 "Fattibilità di opere su grandi aree" (lettera i "attività estrattive di materiali da costruzione"), nel quale si prescrivono alcuni approfondimenti di studio geologico e geotecnico da adottare in riferimento ad interventi che interessano ampie superfici che appaiono solo come richiami generalizzati ad aspetti progettuali di ovvio approfondimento: "Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibile del territorio in esame. In particolare le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona di interesse in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni (sismicità, vulcanismo,...) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione, subsidenza,...) e devono consentire di individuare gli eventuali limiti imposti al progetto di insiemi di manufatti e interventi (ad esempio: modifiche del regime delle acque superficiali e sotterranee, subsidenza per emungimento di fluido dal sottosuolo...).

I controlli e il monitoraggio delle opere sono, come abbiamo già detto, un punto fondamentale di novità della nuova normativa. Poiché si considera il problema del fronte di cava al pari di un fronte di scavo generico non sono imposte procedure di controllo e monitoraggio le quali sono, invece, obbligatorie per le opere in materiali sciolti come i cumuli di terreno, sterili, bacini di decantazione, etc. In questo caso si impongono prescrizioni di controllo delle grandezze misurate, quali ad esempio spostamenti e pressioni interstiziali, che siano compatibili con i requisiti di sicurezza e funzionalità del

manufatto e di quelli contigui e che durante la costruzione devono essere eseguite prove di controllo del grado di addensamento, dell'umidità e della deformabilità degli strati posti in opera.

La norma dice anche però che il tipo ed il numero di controlli devono essere convenientemente fissati in relazione all'importanza dell'opera ed alle caratteristiche geotecniche e che, in relazione ad opere di modesta importanza che non comportino pericoli per le persone o apprezzabili danni alle cose, il monitoraggio può essere ridotto a documentate ispezioni visive.

Nel caso però in cui si trattasse di cave di monte e si dovesse applicare lo studio all'intero versante si dovranno applicare le prescrizioni imposte in materia di pendii naturali (§ 6.3 NTC 08) per le quali: ... "il monitoraggio di un pendio o di una frana interessa le diverse fasi che vanno dallo studio al progetto, alla realizzazione e gestione delle opere di stabilizzazione e al controllo della loro funzionalità e durabilità. Esso è riferito principalmente agli spostamenti di punti significativi del pendio, in superficie e/o in profondità, al controllo di eventuali manufatti presenti e alla misura delle pressioni interstiziali, da effettuare con periodicità e durata tali da consentire di definirne le variazioni periodiche e stagionali. Il controllo dell'efficacia degli interventi di stabilizzazione deve comprendere la definizione delle soglie di attenzione e di allarme e dei provvedimenti da assumere in caso del relativo superamento".

## 6. Conclusioni

Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, così come la precedente normativa in materia (D.M.11/3/1988), non affrontano la verifica di stabilità dei fronti di scavo di cave e miniere, rimandando genericamente la regolamentazione ad una normativa specifica che però non è stata mai emanata (se si escludono il D.P.R. 128/59 ed il D.lgs 624/96 che comunque non danno indicazioni al riguardo perchè finalizzati ad altri obiettivi).

Quindi nelle NTC 2008, come sviluppato in questo articolo, sono riportate solo indicazioni generiche e si rimanda alla responsabilità del progettista di

utilizzare tutti "...i mezzi per evitare ogni pericolo". Peraltro, per la progettazione e la gestione dei fronti di cava, anche in relazione dell'evoluzione scientifica e legislativa, per consuetudine, sono sempre stati usati dai progettisti, Direttori dei Lavori, i criteri indicati dalle normative vigenti più aggiornate; inoltre la NTC08 è stata redatta come "testo unico", quindi ha l'obiettivo di raccogliere in sé metodologie e procedure applicabili in senso lato per tutte le tipologie di costruzioni nelle quali rientrano anche i fronti di scavo delle cave e miniere. Questo fatto è incontrovertibile nel caso delle scarpate finali e dei fronti di abbandono i quali, dopo il recupero ambientale, possono essere destinati all'uso civile e al libero accesso di persone.

Rimane aperto il dibattito se la verifica di sicurezza dei fronti di scavo in corso d'opera possa essere stimata con altre metodologie e procedure, anche se l'articolo 52 del D.L. 624/96 sembra sollevare da questi dubbi allorquando recita: "Prima dell'inizio dei lavori di coltivazione, il datore di lavoro predispone una relazione sulla stabilità dei fronti che prenda in considerazione i rischi di caduta di massi e di franamento; in tale relazione, in conformità alle vigenti normative tecniche, devono essere definite, in funzione della natura e dello stato del terreno nonché dei macchinari impiegati, l'altezza e la pendenza dei fronti di coltivazione e dei terreni di copertura nonché il metodo di coltivazione impiegato; la relazione è aggiornata annualmente".

Il progettista dei fronti di cava ed il Responsabile dei lavori minerari, quindi, a nostro avviso, in assenza di specifiche normative di settore, nell'ottica di garantire al meglio la sicurezza dei luoghi di lavoro, non cadono in errore ad applicare la NTC08 nelle modalità indicate per i generici fronti di scavo come del resto l'Eurocodice 7 (UNI ENV 1997-1) suggerisce e raccomanda, in quanto questa al momento è la normativa più evoluta.

Fatta questa premessa e considerato come ovvio che la progettazione dei fronti di scavo di cave e miniere sono a tutti gli effetti opere geotecniche, la nuova normativa ha fornito un notevole avanzamento concettuale e pratico nell'approccio alla

progettazione e gestione di questa tipologia di interventi, rimandando però ai progettisti non poche difficoltà di tipo applicativo e teorico.

Le implicazioni che l'entrata in vigore delle Norme Tecniche avranno sulla progettazione, esecuzione, direzione dei lavori, collaudo e attività di controllo delle opere e dei sistemi geotecnici saranno molte e significative.

L'esistenza di un unico testo normativo per le costruzioni, avente un'impostazione moderna, internamente omogenea e, per la maggior parte, coerente con gli Eurocodici non può che facilitare il lavoro dei tecnici anche in prospettiva futura quando questi diverranno documenti di riferimento essenziali per la progettazione.

L'applicazione del metodo semiprobabilistico lascia comunque qualche perplessità e lascia aperto il dibattito; esso risulta concettualmente difficile e la normativa rimanda, difatti, alla discrezionalità del tecnico, l'individuazione dei valori caratteristici tradendo, forse in parte, lo spirito della norma che ha invece la volontà di standardizzare univocamente procedure e metodi.

I valori caratteristici ed i coefficienti parziali indicati nella Normativa sono stati scelti in modo empirico con validità generale sia per terreni naturali che per terreni compattati in opera, sia per rocce (o meglio per i risultati di una caratterizzazione di un ammasso roccioso) perdendo così la base scientifica (di natura statistica) che li dovrebbe giustificare.

L'obbligatorietà di mettere in conto gli effetti della risposta sismica locale nella progettazione delle costruzioni in zona sismica è sicuramente uno degli aspetti più importanti introdotti dalla Norma che dovrebbe responsabilizzare maggiormente i progettisti e migliorare la conoscenza degli aspetti geologici e geotecnici di un sito.

Le nuove metodologie comporteranno riflessi anche sui costi delle progettazioni in quanto ci sarà la necessità di eseguire verifiche molto più numerose, più complesse e di minore immediatezza interpretativa, che molto spesso richiederanno l'intervento

di specialisti e il ricorso a programmi di calcolo la cui affidabilità dovrà essere sempre testata e validata (come d'altronde già previsto nelle NTC08); ciò rende meno immediata la percezione del livello di protezione di quanto non fosse l'approccio della pre-vigente normativa.

## 7. Bibliografia

AGI (1977) – *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*. Associazione Geotecnica Italiana.

A.L.I. (2009) – *Nuove norme tecniche per le costruzioni*. D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/C.S.LL.PP. DEI, 2008. pp 930.

Molini L., Polselli S. (2000) – *Classificazione geomeccanica delle scarpate in relazione ai sistemi di abbattimento. Analisi dei sistemi normativi di riferimento*. Quarry and Costruction, Marzo 2000, pp. 8-18.

Vannucchi G. (2008) – *Osservazioni e commenti al D.M. 14/01/08 Norme tecniche per le costruzioni, relativamente agli aspetti geotecnici*. Ingegneria Sismica, anno XXV N. 3 – luglio-settembre 2008, pp. 63-75.



Associazione Nazionale Ingegneri  
Minerari, delle Georisorse e  
delle Geotecnologie

Presidente: Ing. Domenico Savoca  
Presidente Onorario: Ing. Carmelo Latino  
Segretario generale: Ing. Sergio Polselli

E-mail: [minerari@libero.it](mailto:minerari@libero.it)

cell. 335 5860519

Sede Legale: C.so Italia, 102

00198 Roma

[www.anim-gallerie.it](http://www.anim-gallerie.it)

Sede operativa: Via Lame, 219

Loc. Trebbo di Reno

40013 Castel Maggiore (BO)

media partner

edizioni  
**PEI**  
s.r.l.

Strada Naviglio Alto, 46/1

43122 Parma

Tel. 0521 771818

Fax 0521 773572

[www.edizionipei.it](http://www.edizionipei.it)

[info@edizionipei.it](mailto:info@edizionipei.it)