

Decreto Ministeriale 14.01.2008,
Norme Tecniche per le Costruzioni
LINEE GUIDA NTC 08

Commissione Interregionale

COMPONENTI	Ordine	COMPONENTI	Ordine
AIRALDI Paolo	LIGURIA	FRAGALE Francesco	CALABRIA
ANGELONE Domenico	MOLISE	GARBIN Fabio	LAZIO
BARSANTI Pietro	TOSCANA	GIOVINE Vincenzo	LOMBARDIA
BONIOLI Luisella	PIEMONTE	LENARDUZZI Gianni	FRIULI VENEZIA GIULIA
BORGIA Umberto	CAMPANIA	LOMBARDI Gerardo	CAMPANIA
BRUNALDI Raffaele	EMILIA ROMAGNA	PARMEGGIANI Fabio	EMILIA ROMAGNA
CADAU Giambattista	SARDEGNA	PIGNATELLI MARIO	VALLE D'AOSTA
CARBONE Raffaele	BASILICATA	PIGNOCCHI Andrea	MARCHE
CHESSA Mauro	TOSCANA	PLESCIA Vito Francesco	MOLISE
CINUS DARIO	SARDEGNA	SAVI Francesco	UMBRIA
CIVELLI Carlo	LIGURIA	STORONI RIDOLFI Sergio	MARCHE
D'AGOSTINO Gennaro	CAMPANIA	TODARO Pietro	SICILIA
FAGIOLI Maria-Teresa	TOSCANA	TRONCARELLI Roberto	LAZIO
FALVO Beniamino	CALABRIA	TROSSERO Massimo	PIEMONTE
FARINA Daniele	MARCHE	VERRANDO Ampelio	LIGURIA

Con il contributo di EROS AIELLO

Luglio 2010

INDICE

1.	CONSIDERAZIONI GENERALI	1
1.1	MODELLO GEOLOGICO	8
1.2	PERICOLOSITA' SISMICA	13
1.3	OPERE DI FONDAZIONE	18
1.3.1	FONDAZIONI SUPERFICIALI	18
1.3.2	FONDAZIONI SU PALI	19
1.4	INDAGINI	19
2.	RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE GEOTECNICA	23
2.1	LA RELAZIONE GEOLOGICA	25
2.2	LA RELAZIONE GEOTECNICA	30
3.	BIBLIOGRAFIA	37
4.	ELENCO NORMATIVE DI RIFERIMENTO	40

ANNESSI

- ANNESSO I Il Progettista Geologo
- ANNESSO II NTC – CIRCOLARE

IN PREPARAZIONE :

QUADERNI di approfondimento

- Stabilità versanti
- Modellazione sismica
- Stabilità alla liquefazione
- Fondazioni
- Opere di sostegno
- Interventi di modesta entità
- Interventi sul patrimonio edilizio esistente
- Caratterizzazione delle rocce
- Controlli e monitoraggio
- Fronti di scavo

1. CONSIDERAZIONI GENERALI

Dopo un lungo periodo d'incertezza normativa, il 1 luglio 2009 è entrato definitivamente in vigore il DM 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC 08). Il testo definisce i principi per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo di tutti i tipi di costruzione rispetto alle prestazioni richieste in termini di sicurezza, regolare utilizzo e durabilità.

Le nuove norme tecniche corredano un panorama legislativo che nel tempo si è consolidato attraverso l'emanazione di numerose norme [L. 25.11.1962, n. 1684; L. 2.02.1974 n. 64; D. LL. PP. 15.05.1985; D.M. 11.3.1988; D.P.R. 10.09.1990; n. 285; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 04.05.1990; D.P.R. 6.06.2001, n. 380; D.Lgs 12.04.2006, n. 163; D.M. 14.01.2008]. Queste norme continuano ad essere vigenti e cogenti poiché il DM 14.01.2008 si applica solo ed esclusivamente al *progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità* [punto 1 comma 1°) DM 14.01.2008].

Al Decreto Ministeriale è seguita la Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni", un ponderoso documento esplicativo messo a punto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per illustrare, più in dettaglio e per ogni corrispondente capitolo e paragrafo, il contenuto delle Norme stesse.

Ci sembra altresì necessario richiamare l'attenzione sul fatto che i Cap. 6 e 7 delle NTC 08, per alcuni aspetti, sono, di fatto, una revisione completa ed aggiornata del DM 11.3.1988, prevedendo, nel contempo, anche la definizione di un **"modello geologico e geotecnico"** [§ 6.2.1 e 6.2.2.].

Nel Capitolo 6 delle NTC 08 vengono trattati gli aspetti geotecnici della progettazione e, solo per citarne alcune, le opere di fondazione e sostegno, gli interventi di miglioramento e rinforzo di terreni e degli ammassi rocciosi, le opere in materiali sciolti, la stabilità dei fronti di scavo e più in generale del sito in cui insiste l'opera nel suo complesso.

Nelle stesse, in particolare, si fa riferimento a due documenti che competono alla specifica professionalità del geologo: **la relazione geologica e la relazione geotecnica**; la prima in forma esclusiva e la seconda in maniera concorrente (DPR 328/01).

La relazione geologica (cfr. § 6.2.1 NTC 08) esamina i caratteri geologici generali e del sito di costruzione; la relazione geotecnica (cfr. § 6.2.2 NTC 08) contiene, tra l'altro i criteri che hanno orientato la programmazione delle indagini geotecniche, con riferimento al volume significativo (cfr. § 3.2.2), l'interpretazione dei risultati ottenuti e l'elaborazione del modello geotecnico del sottosuolo in riferimento alla tipologia di intervento, alla tecnologia ed alle modalità costruttive.

Nella relazione geotecnica sono altresì incluse le verifiche di sicurezza e l'analisi delle prestazioni nelle condizioni di esercizio del sistema opera-terreno.

Ancora, nelle NTC 08 e nella Circolare, al § 10.1, si prevedono, tra gli altri elaborati, anche *“relazioni specialistiche sui risultati sperimentali corrispondenti alle indagini ritenute necessarie alla progettazione dell'opera e sui rilievi topografici”*; ed al punto 5.1, di tale capitolo, sono previste le seguenti relazioni specialistiche:

1. relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1 delle NTC 08 e § C 6.2.1 della Circolare);
2. relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (§ 6.2.2 delle NTC 08 e § C 6.2.2 della Circolare);
3. relazione sulla modellazione sismica, concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione (§ 3.2 delle NTC 08 e § C 3.2 della Circolare).

Quest'ultima, non presente nel testo normativo di base, è annoverabile tra le competenze esclusive del geologo, per cui, nell'ambito degli “indici” realizzati al § 2 del presente testo, tali argomenti sono stati ricompresi nel paragrafo 4.5 della relazione geologica.

Và precisato che alcune regioni stanno, man mano, approvando testi normativi e regolamentari che, invece, prevedono uno specifico elaborato distinto dalla relazione geologica, rispondendo formalmente a quanto previsto della Circolare 617/09; a titolo di esempio di norma regionale, si riporta uno schema tratto dal Decreto n. 53/09 della Campania, di cui in cui sono individuati gli elaborati che costituiscono il progetto dell'opera.

In funzione di tale specifica autonomia regionale, ogni OO.RR.GG. avrà cura di “adattare” gli indici proposti al § 2, alla realtà normativa e regolamentare vigente nella propria Regione.

Gruppo Interregionale ORDINE DEI GEOLOGI

Progetto architettonico:

1 ☐ <i>Relazione tecnica</i>	2 ☐ <i>Planimetria d'inquadramento nel lotto</i> (nel caso di edifici indicare larghezza strade adiacenti e altezza massima – solo per norme previgenti a NTC-05)
3 ☐ <i>Planimetria catastale</i> (con l'indicazione dell'ubicazione del manufatto oggetto dei lavori)	4 ☐ <i>Planimetrie, Piante, Prospetti, Sezioni</i> - n° ____ tavole
5 ☐ <i>altro (specificare)</i>	6 ☐ <i>altro (specificare)</i>

Progetto strutturale:

1 ☐ <i>Relazione tecnica generale / relazione di calcolo strutturale</i> (cfr. par. C.10.1, Circ. Min. Inf. 617/09)	2 ☐ <i>Relazione geologica</i> (cfr. par. C.6.2.1, Circ. Min. Inf. 617/09)
3 ☐ <i>Relazione geotecnica</i> (cfr. par. C.6.2.2.5, Circ. Min. Inf. 617/09)	4 ☐ <i>Relazione sulle fondazioni</i>
5 ☐ <i>Relazione sui materiali da impiegare o effettivamente impiegati</i>	6 ☐ <i>Fascicoli dei calcoli</i> - n° ____ fascicoli
7 ☐ <i>Elaborati grafici</i> - n° ____ tavole	8 ☐ <i>Particolari costruttivi</i> - n° ____ tavole
9 ☐ <i>Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera</i> (obbligatorio per NTC 2005 e NTC 2008 – cfr. par. C.10.1, Circ. Min. Inf. 617/09)	10 ☐ <i>Relazione tecnica per omissione di verifica sismica</i> (per edifici “semplici” in muratura, in z.s. 2 e 3 - cfr. par. 7.8.1.9 NTC-2008 e par. C.8.7.1.7, Circ. Min. Inf. 617/09)
11 ☐ <i>Planimetria generale con indicazione estremi di denunce</i> (in caso di denunce distinte rel. a strutture indipendenti)	12 ☐ <i>Relazione sulla modellazione sismica del sito di costruzione</i> (cfr. par. C.10.1, Circ. Min. Inf. 617/09)
13 ☐ <i>altro (specificare)</i>	14 ☐ <i>altro (specificare)</i>

Stralcio D. D. n. 53 del 12/11/2009 - Campania – Tabella riepilogativa elaborati progettuali

Infatti, in tale contesto innovativo [nazionale e regionale] ancora in evoluzione, le presenti linee guida hanno il fine di orientare i professionisti geologi nella redazione della documentazione tecnica da redigere nel rispetto delle norme vigenti e delle condizioni di sicurezza previste dalle stesse.

Al contempo, queste, possono rappresentare, opportunamente riviste a scala regionale e locale, anche un valido strumento da mettere a disposizione dei soggetti pubblici chiamati alla validazione degli elaborati progettuali.

Quanto di seguito delineato, come già sottolineato, tende a definire “una traccia” (linea guida per l'appunto) per la redazione delle relazioni specialistiche per le quali il geologo è competente e **non ha la presunzione di imporre uno standard di lavoro, ma al momento, in attesa di una maturazione di taluni aspetti ancora indefiniti, sia a scala nazionale che regionale, questa può costituire una metodologia di lavoro da utilizzare per svolgere le proprie attività professionali.**

Il lavoro svolto, infatti, non vuole essere una riproposizione delle NTC 08, della Circolare e di altri manuali già in uso, ma vuole cercare di dare un contributo operativo per quelle parti della complessa normativa poco chiare e/o, per alcuni aspetti tecnici ed applicativi, prive di riferimenti a scala nazionale e/o locale.

Si è deciso, quindi, dopo la diffusione di questo primo documento, corredato da specifici “**annessi**”, di predisporre dei “**quaderni**” a cui rimandare il compito di approfondire nel dettaglio, con

il contributo di professionisti ed accademici, alcuni aspetti particolari rivisitati dalle NTC 08, quali, ad esempio:

- Stabilità versanti,
- Modellazione sismica,
- Stabilità alla liquefazione,
- Interventi di modesta entità,
- Interventi sul patrimonio edilizio esistente,
- Opere di sostegno.

Saranno trattati, quindi, in tale contesto, argomenti particolari quali:

- la stabilità dei versanti, i fronti di scavo e le opere di sostegno;
- le indagini o prospezioni sismiche e la caratterizzazione sismica dei terreni,
- le fondazioni superficiali e profonde ecc.

Si ha necessità, inoltre, di fornire indicazioni univoche, anche se da precisare poi a scala regionale, per quelle opere definite come “ Interventi di modesta entità”, per le quali la norma prevede una certa semplificazione (nelle indagini) creando dubbi ed incertezze sul comportamento da tenere in contesti connotati da una non trascurabile **pericolosità geologica e sismica**; non dimentichiamo, infatti, che il concetto base della norma è la tutela della pubblica e privata incolumità

Alcune esperienze maturate in determinati contesti, quali la Regione Marche, la Toscana ed altre realtà regionali, possono rappresentare un riferimento da condividere ed, eventualmente, da utilizzare in altri contesti regionali che ancora devono sviluppare tali aspetti a livello regolamentare.

Analoghe riflessioni possono essere effettuate per gli “ Interventi sul patrimonio edilizio esistente “ cap. 6.10, per i quali sono previsti una serie di azioni particolareggiate da definire in funzione di aspetti specifici trattati nella norma e nella relativa circolare (semplificazioni e procedure ad hoc).

Tali problematiche assumono particolare rilevanza, relativamente agli aspetti geologici, per la difficoltà di eseguire indagini in sito e per la presenza di un patrimonio edilizio esistente non adeguato alle attuali disposizioni normative che hanno completamente modificato le accelerazioni sismiche di riferimento precedentemente vigenti.

Coefficiente sismico $C = (S - 2) / 100$			
Categoria	Classe	Coefficiente sismico	Anno
I	S = 12	C = 0,10	1975
II	S = 9	C = 0,07	1975
III	S = 6	C = 0,04	1981

Normativa precedente in cui C = coeff. Accel. sismica

Normativa vigente		
Classe	Accelerazione sismica amax	Anno
1	> 0,25	OPCM 3274/03
2	0,25 - 0,15	OPCM 3274/03
3	0,15 - 0,10	OPCM 3274/03
4	< 0,05	OPCM 3274/03

Norma vigente, in cui la zona o la classe hanno valore meramente amministrativo, mentre la pericolosità sismica è definita in termini di *amax* = accel. Sismica

A fronte dell'evidente aumento dei valori, a parità di classe, in termini di accelerazione sismica di base, si stanno definendo, a livello nazionale, appositi programmi di sviluppo di azioni, a medio ed a lungo termine, al fine di adeguare gli edifici pubblici, ed in particolare quelli definiti strategici, sia a scala nazionale che a livello regionale, (rif. Decreto n. 3685 del 21.10.03 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, emanato con OPCM del 21.10.03 e pubbl. su G.U. n. 252 del 29.10.03) ai nuovi valori di pericolosità sismica, al fine di "ristabilire condizioni di sicurezza" più accettabili per tali edifici.

Per quanto attiene alle strutture residenziali private, valutazioni della Protezione Civile portano a stime di edifici **non adeguati** pari al 75% del tessuto urbanistico esistente; per tali edifici, salvo incentivi in termini di cubature (vedi Piano casa), non si ha notizia di agevolazioni o incentivi particolari di tipo economico, per cui, tutta la fase di adeguamento sismico (dalle indagini agli eventuali interventi strutturali) grava sul singolo proprietario. Nei Quaderni che questa Commissione ha in



programma di realizzare, ne è previsto uno specifico per trattare in maggior dettaglio le problematiche che si possono incontrare nello svolgere attività di carattere geologico, geotecnico e sismico nell'ambito dei centri storici dei comuni italiani, di cui la foto, a fianco riportata, ne evidenzia un chiaro esempio.

La necessità di realizzare alcuni approfondimenti specifici, deriva anche dalla circostanza che, come è noto, molte applicazioni in chiave geologico-tecnica, solo recentemente sono state travasate dalla comunità scientifica alla pratica professionale (vedi il caso dell'analisi e della gestione del rischio da frane).

Pertanto, in molti casi, permangono incertezze interpretative connesse anche alla non perfetta condivisione, in sede scientifica, di alcune metodologie; per cui molte volte occorre, gioco forza, fare riferimento a standard operativi in uso presso Enti ed organismi locali.

Inoltre, il continuo sviluppo tecnologico e l'elevata sofisticazione, ad esempio, degli strumenti di acquisizione dei dati sismici, in sito ed in laboratorio, con tecniche indirette (quindi dati derivati), comporta, talvolta, per una completa ed esaustiva analisi dei dati di campo (utilizzo di software di analisi), basi fisiche e matematiche non sempre note e/o utilizzate nelle ordinarie applicazioni professionali.

In questi casi si impone la necessità di poter disporre di protocolli condivisi (attore – controllore) che consentano di dare risposte coerenti con gli aspetti e le problematiche relativi alla pericolosità geologica (sismica) locale.

Nel presente documento, si è cercato, anche di chiarire, ove possibile, alcuni passaggi normativi che possono comportare interpretazioni controverse e dubbi anche negli stessi operatori della P.A., creando situazioni di stallo che, talvolta, debordano anche in contenziosi legali (vedi il problema dei laboratori, gli aspetti legati al progettista, ecc.)

Per questo ultimo aspetto vogliamo sottolineare che l'entrata in vigore delle NTC 08, infatti, non modifica le competenze del geologo, ma richiede di elaborare e sistematizzare il lavoro in modo differente (da tensioni ammissibili a modello prestazionale).

In tale contesto la filosofia che ha guidato la Commissione Interregionale si concretizza nel paragrafo 2, nel quale sono stati elaborati **“indici ragionati” per la redazione delle relazioni geologica e geotecnica** (in cui la prima è comprensiva degli aspetti sismici).

Per la formazione di tali elaborati ci si è basati su due punti essenziali: in primo luogo sulla cogenza delle NTC 08, per gli aspetti strutturali, ed in secondo luogo sulla valutazione di come effettivamente si svolge il lavoro del geologo nella pratica professionale (onnicomprendività).

Come è a tutti noto, le NTC 08 si riferiscono nei contenuti, anche se non esplicitato chiaramente nel testo, al ‘progetto strutturale’, che, ovviamente, è cosa diversa dal “*progetto generale dell’opera*” che deve ottemperare ad un quadro normativo più ampio sia a livello nazionale (D.P.R. n. 380 del 06/06/01, D.Lgs. 03/04/06 n. 152, Norme Autorità di Bacino, ecc.) sia a scala locale (vincolo idrogeologico, Piani urbanistici, leggi sismiche regionali, ecc.)

Gli indici proposti tengono in debito conto il fatto che un geologo che redige una relazione geologica a supporto di un progetto (per qualsiasi tipo di opera) **NON** può omettere valutazioni su tematiche che, pur esulando dalle richieste delle NTC 08, sono specificamente richieste da norme Regionali o Comunali (regolamenti) e/o da procedure più complesse che possono prevedere l’analisi del quadro geologico già a livello di fattibilità con la previsione e l’analisi di ipotesi di intervento alternative (vedi ad esempio le procedure di VIA e VAS - D.lgs. 4/08 – e quelle relative alla definizione degli impatti paesaggistici - D.Lgs. 42/04).



Schema evidenziati lo spazio ambientale di analisi che, come si evidenzia in figura, comprende anche la scala temporale.

Altra cosa che la Commissione interregionale intende stigmatizzare, in quanto non condivisibile, è il taglio netto che le NTC 08 operano fra relazione geologica e geotecnica, seguendo una logica ed un profilo prettamente ingegneristico.

Modello geologico e modello geotecnico sono strettamente collegati ed i confini spesso sfumati; il fatto stesso che talvolta disposizioni locali impongano nella relazione geologica valutazioni e calcoli che ricadono, a rigore, nel campo della geotecnica ne è una prova (si veda ad es. le verifiche

di stabilità dei pendii richieste per il vincolo idrogeologico o per i fronti di scavo o per i cambi di destinazione culturale).

Tenendo conto di tale precisazione gli indici delle relazioni proposti nel presente documento sono stati messi a punto tenendo ben chiaro che, nella pratica quotidiana, gli elaborati da produrre dovranno essere poi adattati a disposizioni locali e non solo alle NTC 08.

Inoltre le stesse si applicano anche a **territori non sismici od a bassa sismicità** (classe 4), nei quali, le competenti amministrazioni, oltre alle semplificazioni nella stessa previste, possono aver disposto norme o procedure specifiche.

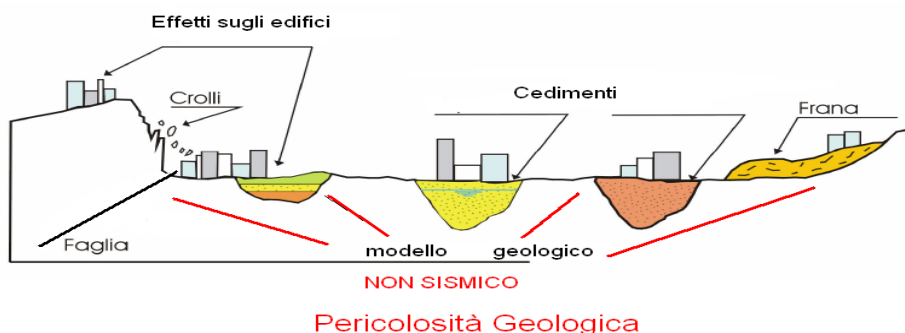
Nelle more della redazione dei “quaderni”, di seguito, vengono effettuate alcune considerazioni su aspetti specifici e/o particolari in modo da fornire, sin d’ora, delle indicazioni ai colleghi per una puntuale osservanza delle norme ma soprattutto, come già evidenziato, per redigere un elaborato esaustivo degli aspetti connessi alla definizione della pericolosità geologica del sito d’intervento anche in prospettiva sismica.

1.1 MODELLO GEOLOGICO

La modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di **pericolosità geologica** del territorio (e non del sito di intervento - cfr § 6.2.1 NTC 08).

Quindi, una completa o esaustiva definizione del modello geologico, tende ad analizzare tutti gli aspetti utili alla caratterizzazione del sito (partendo da un ambito morfologico più esteso - territorio) ai fini della definizione degli scenari di **pericolosità geologica**.

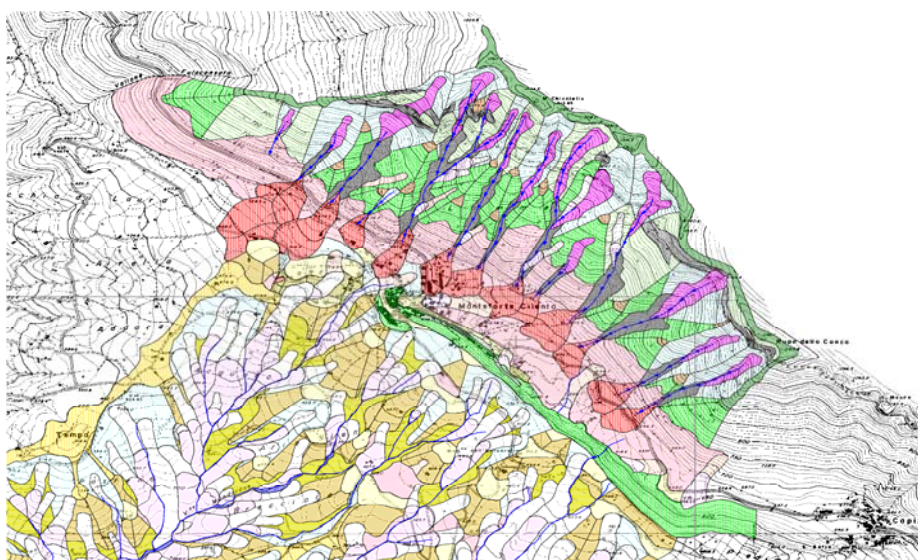
Nella sottostante figura sono stati graficizzati gli elementi che concorrono alla definizione della pericolosità geologica del sito di intervento.



Elementi che concorrono alla definizione della pericolosità geologica del sito di intervento.

La norma, infatti, precisa (vedi Circolare § 6.2.1.) che lo studio geologico deve essere esteso ad una zona significativamente ampia, in relazione al tipo di opera ed al contesto geologico in cui questa si colloca.

Tali concetti si legano imprescindibilmente alla propedeuticità di una analisi del contesto geologico (pericolosità) a scala più ampia di quella d'intervento, con la definizione di ambito morfologico significativo, fisicamente contestualizzato, ed il legame che questo ha con la tipologia dell'opera (fase progettuale).



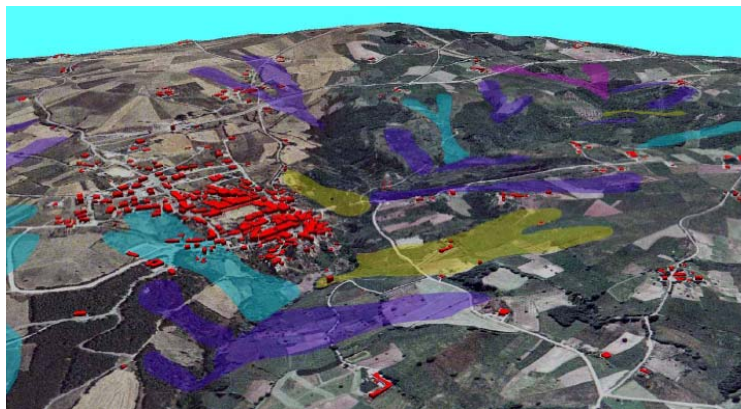
Esempio di Carta geomorfologica a campitura completa

In termini semplicistici una prima valutazione può essere basata su di una analisi idrogeomorfologica qualitativa e quantitativa (verifiche di stabilità del pendio) prima di passare ad una analisi stratigrafica e strutturale (anche ai fini sismici).

Infatti, mentre l'approccio è piuttosto definito in ambiti o contesti montani o pedemontani, nelle aree di pianura, ove non soggette direttamente o indirettamente, a zone d'invasione, l'individuazione della *“zona significativamente ampia d'influenza”* appare più complessa e può non avere riscontri geomorfici significativi, per cui tale individuazione deve essere ascritta ad aspetti diversi, quali, ad esempio, elementi litologici e stratigrafico-strutturali e/o a valutazioni idrauliche ed idrogeologiche e, perché no, geotecniche (argille sensibili, sabbie sciolte, ecc.).

Tali analisi richiedono, inoltre, secondo la Circolare, al paragrafo C.6.3.2, in maniera esplicita, *“un'analisi geomorfologica quantitativa”*, che, chiaramente partendo dallo scenario

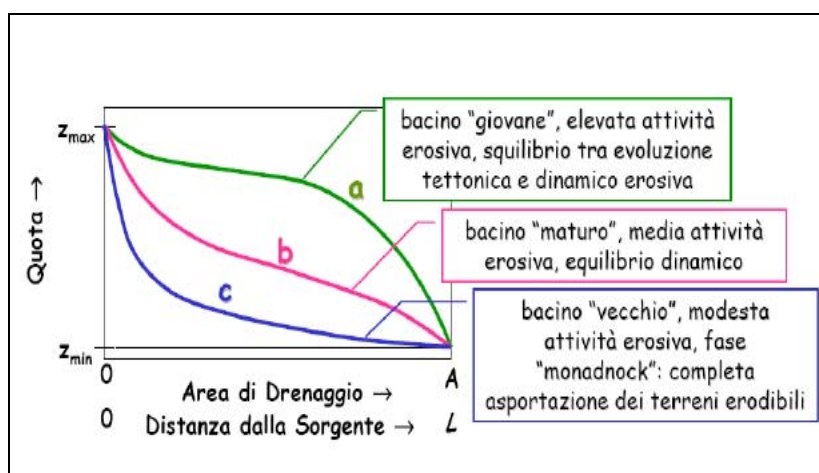
qualitativo a scala più elevata (vedi figura sopra riportata) entra nel dettaglio del singolo elemento fisico o geomorfologico (crinale, versante, fondovalle e loro articolazioni).



Schema in cui si evidenziano “zone d’influenza” ed ambiti territoriali diversificati

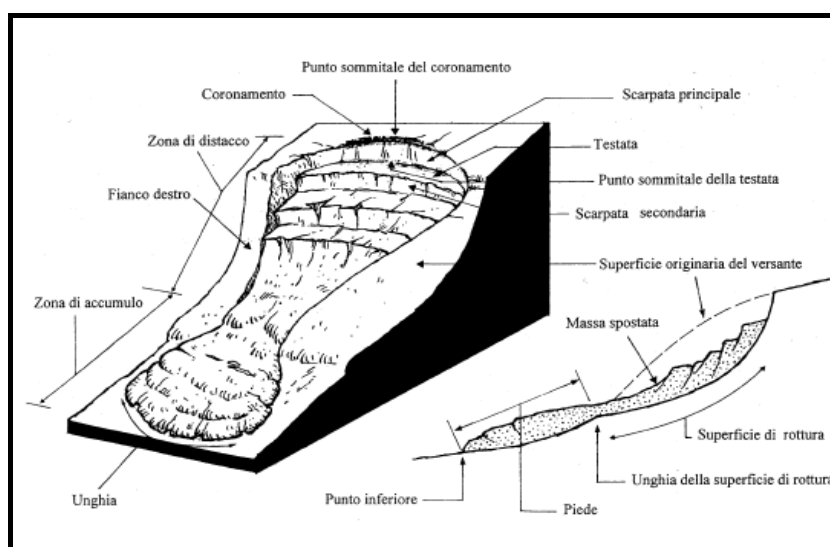
La «geomorfologia quantitativa», come è ben noto, consiste nell’applicazione di metodi matematici e statistici allo studio delle forme del rilievo terrestre e dei processi che le hanno generate; l’impiego dei metodi quantitativi nell’analisi del paesaggio fisico consente di attribuire una dimensione, cioè di esprimere sotto forma parametrica, i principali aspetti del rilievo e di quantificare l’intensità dei processi geomorfici; in questo modo è possibile ottenere valutazioni più rigorose di quelle basate su considerazioni semplicemente qualitative, che contengono una inevitabile dose di soggettività.

In tale contesto sono più che note le analisi quantitative relative al reticolo idrografico - bacino (Horton e Strahler) e agli aspetti caratterizzanti il livello di erosione o lo stadio di evoluzione che è possibile definire nell’ambito di un bacino attraverso l’analisi delle curve ipsografiche.

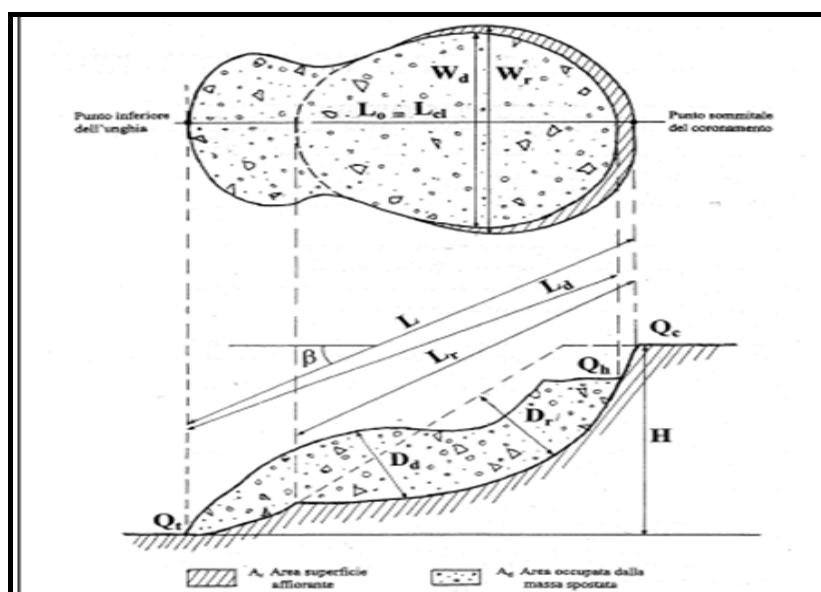


Esempi di curve Ipsografiche teoriche evidenzianti lo stadio di evoluzione di un bacino

Ad una scala di dettaglio occorre analizzare le tendenze evolutive degli elementi fisici direttamente interessati dall'intervento, che, nel caso di frane in atto o potenziali si sviluppa, secondo il Manuale redatto dall'APAT (oggi ISPRA) nell'ambito del progetto IFFI (2007), secondo lo schema di seguito riportato.



Schema della nomenclatura degli elementi di una frana (APAT – Progetto IFFI)



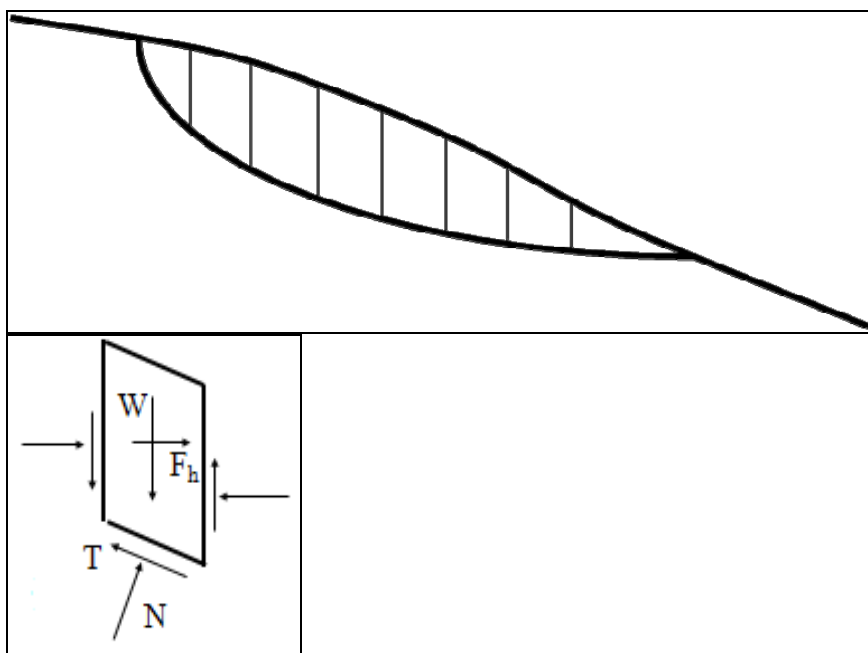
Si precisa, inoltre, che le verifiche analitiche (analisi geomorfiche quantitative), ai sensi delle vigenti norme, devono obbligatoriamente essere realizzate con il *Metodo agli stati limite* di cui al § 2.6., ma al § 2.7, limitatamente a siti ricadenti in **Zona 4**, si prevede l'ammissibilità delle verifiche con il **metodo delle tensioni ammissibili**; per cui, in tali contesti, possono esser utilizzati approcci semplificati con i metodi classici delle tensioni ammissibili e con l'applicazione del DM 11.3.88.

Per l'analisi relativa agli aspetti legati ai versanti naturali (pendii) ed ai fronti di scavo si rimanda allo specifico Quaderno in preparazione.

Ci sembra comunque opportuno richiamare l'attenzione su alcuni aspetti presenti nelle NTC 08 rispetto ai versanti; nello specifico § si **fà obbligo** di redigere per ogni versante :

- 1) un rilievo piano altimetrico di dettaglio;
- 2) specifiche indagini in sito (anche ai fini della risposta sismica).

La verifica di stabilità in condizioni di equilibrio limite si esegue secondo lo schema metodologico noto come "metodo delle strisce", in cui il corpo di frana viene suddiviso in conci.



Schema di grafico semplificato per le verifiche di stabilità di un pendio naturale

Se si utilizza il metodo pseudo-statico, per simulare l'azione sismica, assunto il livello prestazionale SLV, in ogni concio si applica una forza inerziale (F_h) proporzionale al peso proprio del

concio attraverso un coefficiente sismico k_h , che, la precedente normativa sismica (D.M. 16/1/1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche), definisce come una funzione di C (coefficiente di intensità sismica, avente le dimensioni di un'accelerazione ed oggi assimilabile ad a_{max}).

Nelle NTC 08 questo fattore è legato all'accelerazione massima attesa al sito attraverso un coefficiente di riduzione β_s .

$$F_h = k_h \times W$$

$$k_h = \beta_s \times a_{max}/g$$

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = SS \cdot ST \cdot a_g$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (SS) e dell'amplificazione topografica (ST), di cui al § 3.2.3.2 NTC 08;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa **su sito di riferimento rigido orizzontale**.

La tabella sotto riportata (tratta dal § 7) definisce il valore di β_s , coefficiente di riduzione, da adottare in funzione delle varie categorie di suolo e del valore di a_g .

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_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

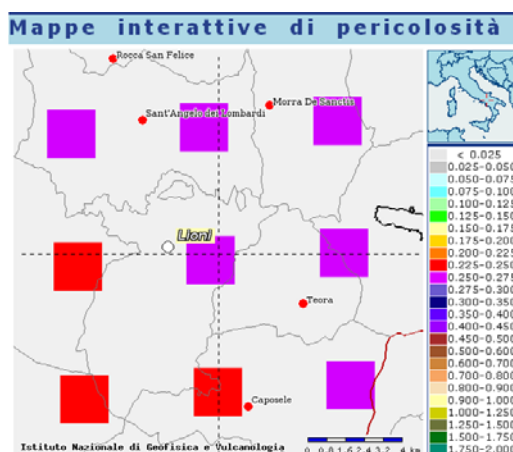
Ulteriori utili indicazioni su tali aspetti potranno essere desunte sui siti degli OO.RR.GG., nell'ambito del materiale didattico, messo a disposizione relativamente ai corsi svolti su tali specifici aspetti.

1.2 PERICOLOSITA' SISMICA

L'Appendice A delle NTC 08, prevede, specificatamente, che le valutazioni relative alla definizione della "pericolosità sismica di base" debbano derivare da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo tale da renderla compatibile con le NTC 08, dotandola di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte in quanto i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di **valori di accelerazione orizzontale massima a_g** e dei **parametri (F_o , T_c^* etc.)** che **permettono di definire gli spettri di risposta**, ai sensi delle NTC 08, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (categ. A), in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (la rete nazionale è definita da nodi che non distano più di 10 km);



Punti del reticolo della rete accelerometrica da INGV

- per **diverse probabilità di superamento** in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni .

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento			
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,019	2,598	0,162
50	0,024	2,588	0,190
72	0,027	2,647	0,202
101	0,030	2,655	0,217
140	0,033	2,662	0,229
201	0,037	2,668	0,241
475	0,046	2,690	0,279
975	0,054	2,749	0,295
2475	0,065	2,850	0,311

L'azione sismica così individuata, viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 08, per tener conto delle modifiche prodotte dalle **condizioni stratigrafiche locali**

del sottosuolo, effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla **morfologia della superficie**; tali modifiche caratterizzano la **risposta sismica locale (RSL)**.

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, **si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (vedi cap. 3.2.2)**; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un **approccio semplificato**, che si basa **sull'individuazione di categorie di sottosuolo** di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III), attraverso la misura delle V_{s30} o di altri parametri geotecnici; questo approccio, introdotto dall'OPCM n. 3274/03, allo stato, appare **quasi sempre utilizzato nella comune pratica professionale**.

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		V_{s30} m/s	NSPT	c_u kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800	> 50	> 250
		> 360		
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360	< 50	< 250
		> 180	> 15	> 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

tabella 1: categoria dei suoli di fondazione (O.P.C.M. 3274; D.M. 14.09.05); in evidenza il parametro V_{s30}

La collocazione della valutazione dell'azione sismica “ex abruptus” al § 3 delle NTC 08, ben prima quindi della definizione del “modello geologico”, che avviene solo al § 6 – Progettazione Geotecnica, risente evidentemente dell'impostazione ingegneristica di tutta la normativa.

Come già evidenziato questa Commissione ritiene, **al contrario**, che è solo dopo aver definito il “modello geologico di riferimento - M.G.R. ”, in modo chiaro ed esaustivo, che, il **progettista geologo (e solo lui)**, potrà decidere, in relazione sia alle condizioni geologico-stratigrafiche e strutturali sia in funzione dell'importanza del progetto, se è correttamente percorribile ed utilizzabile l'approccio semplificato (basato sull'individuazione della categorie di sottosuolo) o, viceversa, se è più opportuna o, addirittura, necessaria l'analisi di risposta sismica locale (definizione degli specifici spettri di risposta di sito e di progetto).

Come illustrato nell'apposito Quaderno, al quale si rimanda per gli opportuni approfondimenti, sono infatti molteplici le "insidie" e le limitazioni connesse con l'utilizzo dell'approccio semplificato (categorie di sottosuolo).

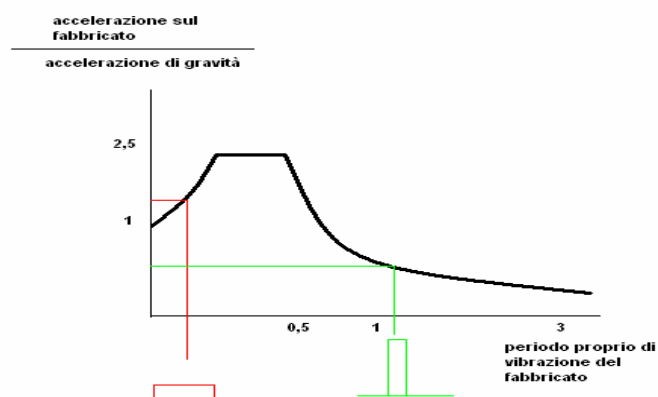
Tale approccio (individuazione delle categorie di suolo) prevede, **prioritariamente, la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio, nei primi trenta metri (V_{s30}), posti al disotto della base della fondazione** o la definizione di altri elementi o parametri geotecnici (N_{spt} e c_u) così come individuati dalla normativa in parola.

Ci sembra utile a questo punto ricordare che la semplificazione riportata nelle norme, **non esime** comunque il geologo da valutazioni connesse alla **pericolosità sismica del sito**, in termini di stabilità dei suoli e di effetti di sito, i quali esulano dalla semplice amplificazione stratigrafica monodimensionale, ma che investono altre problematiche come, ad esempio, effetti di bordo, fagliazioni, subsidenza, liquefazione etc., affrontati e valutati con le normali tecniche di indagine geologica e geotecnica.

Va, inoltre, evidenziato che a ciascuna categoria di sottosuolo è associato uno spettro di risposta (S_e / T) che mostra la variazione in ampiezza dell'accelerazione al suolo in funzione del periodo delle vibrazioni del terreno: si ha "risonanza" e, quindi, particolare accentuazione dell'amplificazione, per periodo $T = 4h/V_s$, con h spessore della copertura e V_s velocità delle onde di taglio nella copertura; è noto che *l'amplificazione massima del moto del suolo di un terreno si ha alla sua frequenze di risonanza*.

Frequenza e periodo fondamentale dello strato (F , T)

$$F = V_s / 4 H \quad T = V_s / 4 H$$



Schema di raffronto tra spettro normalizzato di risposta sismica del terreno e periodo proprio degli edifici

Gli edifici, a loro volta, sono caratterizzati da un periodo proprio di vibrazione che dipende essenzialmente dall'altezza degli stessi ed il loro comportamento, durante il sisma, viene assimilato a quello degli "oscillatori semplici" (pendoli); generalmente, quindi :

- fabbricati alti, snelli e flessibili, si caratterizzano per oscillazioni ampie e di più **lungo periodo**;
- fabbricati bassi, tozzi e rigidi, si caratterizzano per oscillazioni contenute e di **breve periodo**.

Quindi è facile comprendere, nell'esempio di spettro elastico normalizzato sopra riportato, che saranno i fabbricati caratterizzati da periodi propri compresi tra circa 0.2 e 0.5 sec ad essere maggiormente sollecitati dallo scuotimento sismico.

Risentimenti particolari si avranno qualora il periodo del terreno (frequenza) o comunque il periodo fondamentale (frequenza fondamentale) coincida con il periodo proprio del fabbricato (frequenza struttura), determinando, in questi casi, dannosi effetti di risonanza.

Per tale ragione anche nel caso di approccio semplificato è opportuna, quando non già desumibile dalle altre indagini sismiche finalizzate alla determinazione dello spessore della copertura ed alla misura delle V_s e V_{s30} , la stima della **frequenza fondamentale di vibrazione del terreno** procedendo a:

- misurare (edificio esistente) o valutare la frequenza propria dell'edificio (edificio in progetto);
- misurare la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno;
- confrontare e valutare, di concerto con il progettista strutturale, se esistono problemi di risonanza, e decidere se e quali accorgimenti utilizzare per modificare il sistema di riferimento.

Questo tipo di analisi viene eseguito dai paesi sismici più avanzati, come il Giappone, (e anche dalla Francia per le centrali nucleari – vedi ad esempio l'articolo : *"Seismic evaluation of existing nuclear facility using ambient vibration test to characterize dynamic behavior of the structure and microtremor measurements to characterize the soil: a case study Authors: Volant P.1; Orbovic N.; Dunand F. Source: Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Number 9, October 2002"* .

Altre informazioni su tale tipo di approccio possono essere riscontrate in: *"Analysis of RC Building Dynamic Response and Soil-Building Resonance Based on Data Recorded during a Damaging Earthquake (Molise, Italy, 2002) - Marco Mucciarelli, Angelo Masi, Maria Rosaria Gallipoli, Paolo Harabaglia, Marco Vona, Felice Ponzio and Mauro Dolce. Seismological Society of America, 2004"* .

1.3 OPERE DI FONDAZIONE

Le NTC 08 prevedono che le scelte progettuali, per le opere di fondazione, debbano essere effettuate contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevazione e devono rispettare le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) .

Nel caso di opere poste sopra o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere verificata anche la stabilità globale del pendio in assenza e in presenza dell'opera tenendo conto di eventuali scavi, riporti o interventi di altra natura, necessari alla sua realizzazione.

Devono essere valutati gli effetti della costruzione dell'opera su manufatti attigui e sull'ambiente circostante; per maggiori approfondimenti si rimanda all'apposito Quaderno.

1.3.1 FONDAZIONI SUPERFICIALI

La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.

Il piano di fondazione deve essere collocato sotto la coltre di terreno vegetale e sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

Particolare cura va posta quando siano possibili fenomeni di erosione o di scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale; in tal caso le fondazioni devono essere poste a profondità tale da evitare detti fenomeni o devono essere protette adeguatamente .

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo (SLU), sia a breve che a lungo termine.

Nel caso di fondazioni poste sopra o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio, includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

In presenza di azione sismica :

- In situazioni di pericolosità sismica molto bassa (zona 4) sono ammessi metodi di progetto-verifica semplificati; le NTC 08 consentono, infatti, l'utilizzo di due diversi metodi semplificati:

Metodo 1 - Per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, le verifiche di sicurezza possono essere condotte alle tensioni ammissibili, secondo quanto specificato nel § 2.7 delle NTC 08.

Metodo 2 - Per tutti i tipi di costruzione e le classi d'uso, le verifiche di sicurezza nei confronti dello SLV possono essere condotte per una forza di progetto calcolata

assumendo uno spettro di progetto costante e pari a 0,07g, ed ammettendo implicitamente un possibile danneggiamento delle strutture, corrispondente ad un fattore di struttura di valore comunque non superiore a $q = 2,15$. Per l'applicazione di questo metodo sono richiesti, tuttavia, dei requisiti di carattere strutturale riportati nel paragrafo C.7.

- La valutazione delle azioni trasmesse dalla struttura in elevazione alla fondazione deriva dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Nella definizione dell'azione sismica sulla struttura in elevazione si può tenere conto della modifica del moto sismico indotta dall'interazione cinematica fondazione-terreno.

Tale modifica può essere portata in conto attraverso specifiche analisi di risposta sismica locale condotte a differenti livelli di complessità, in relazione all'importanza dell'opera.

Per garantire il rispetto degli Stati Limite Ultimi (SLU-SLV) e di Esercizio (SLE-SLD) occorre effettuare diverse verifiche di sicurezza; ciascuna di esse garantisce, per ogni Stato Limite, ossia per il corrispettivo livello di azione sismica, il raggiungimento di una data prestazione da parte della costruzione nel suo complesso.

1.3.2 FONDAZIONI SU PALI

Il progetto di una fondazione su pali deve comprendere la scelta del tipo di palo e delle relative tecnologie e modalità di esecuzione, il dimensionamento dei pali e delle relative strutture di collegamento, tenendo conto degli effetti di gruppo tanto nelle verifiche SLU quanto nelle verifiche SLE.

Le indagini geotecniche devono essere dirette anche ad accertare la fattibilità e l'idoneità del tipo di palo in relazione alle caratteristiche dei terreni e delle acque presenti nel sottosuolo.

1.4 INDAGINI

La norma prevede, al § 6.2.1, che le indagini siano distinte in più fasi, infatti si legge che "... specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico"; al § 6.2.2.

“Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo di cui al § 3.2.2, e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.”

In tale contesto viene, altresì, tralasciato quanto sancito dal DPR 554/99 (ancora cogente) che, almeno per le opere pubbliche, prevede più fasi di approfondimento (preliminare, definitivo ed esecutivo) e quindi di indagine.

Nella pratica professionale, quindi, occorre trovare un giusto compromesso tra indagini geologiche e geotecniche, nelle varie fasi progettuali ed in quelle di acquisizione dei relativi pareri, che, in ambito privato, possono assumere una fattispecie simile a quella della progettazione preliminare o definitiva .

A tal proposito ci sembra opportuno sottolineare, a livello deontologico e professionale, come accennato in premessa, che i dati necessari per ottemperare ai vari aspetti normativi devono essere acquisiti sin dalla fase di impostazione dello studio, in quanto, non è pensabile di redigere più indagini o più relazioni geologiche (smentendo, finalmente, salvo rari casi, il mito della “sorpresa geologica” che per anni ha fatto storia in Italia).

Tale impostazione, prevista nell’indice della relazione di seguito proposto, è quindi esemplificativa **dell’unicità del modello geologico e della pericolosità geologica** del sito, eventualmente ampliata per gli aspetti sismici e si ritiene che, in generale, non sia perseguibile il concetto di redigere più relazioni geologiche (ad esempio una per il progetto dell’opera da consegnare in Commissione edilizia comunale, una per il Vincolo idrogeologico, una per i vincoli del PAI ed, infine, una per l’autorizzazione in zona sismica).

Le presenti Linee guida, quindi, anche se elaborate per aiutare ad ottemperare ai disposti delle NTC 08, proprio per fornire un valido e pratico indirizzo ai colleghi, nel complesso di attività che essi svolgono, tendono a considerare un quadro normativo ben più ampio di quanto definito nelle NTC 08, lasciando, poi, agli ORG eventuali specificazioni locali.

Prima di concludere ci sembra utile, infine, richiamare che il contesto normativo e sociale, in chiave europea, nell’ambito del quale ci troviamo ad operare, impone una rivoluzione culturale con la precisazione dei ruoli e delle funzioni in modo chiaro e senza fraintendimenti, evolvendosi da una forma artigianale nella quale il geologo, all’alba del sisma (Terremoto Irpinia, Novembre 1980) dell’80, faceva tutto : dal rilevatore di campagna, alle prove di laboratorio, alle indagini in sito, alla consulenza agli enti.

Alla luce dell'evoluzione tecnica e del contesto normativo che prevede unicità di soggetti e di ruoli, occorre procedere ad una incontrovertibile ed irrinunciabile scelta di campo in cui il geologo, è **professionista intellettuale**, che svolge funzioni di supporto alle decisioni (classe dirigente e portatore di interessi pubblici a norma del Codice civile) sia nel pubblico che nel privato, ed assume responsabilità nei confronti della pubblica incolumità (portatore di interessi collettivi).

E' chiaro che chi ha sviluppato competenze nel campo dei rilievi, delle indagini e delle prove può e deve rimarcare la sua professionalità (sempre geologica) ma questa assume, nel contesto normativo attuale, il ruolo di attività imprenditoriale – società di servizi, ai sensi del D.Lgs. 163/06.

Tale circostanza è inoppugnabile *soprattutto* in campo pubblico, in cui il professionista geologo svolge, di fatto, le funzioni di direttore dei lavori, assumendosi la responsabilità professionale che l'indagine realizzata è stata ben eseguita e che i risultati della stessa ben si adattano al modello geologico di base.

Un 'ultima considerazione va fatta sui fabbricati esistenti, anche perché, per i prossimi due anni, se non prorogati come avviene sempre in Italia, a causa di leggi regionali sul Piano casa, ci sarà una enorme richiesta di *"certificati di idoneità geologica"*, termine improprio, che il mercato richiederà per i cambi di destinazione d'uso e/o per gli interventi senza opere strutturali.

Si ricorda, a tal proposito, che il §8 delle NTC 08, prevede specifiche verifiche sui fabbricati esistenti ma poco o nulla si legge in merito alle attività geotecniche e/o geologiche propedeutiche a tali attività.

Nelle presenti Linee guida, pertanto, si è cercato di fornire alcuni suggerimenti, da ritenere validi fino all'emanazione delle norme regionali che disciplinino tali attività, fermo restando che la **relazione geologica è sempre obbligatoria** anche per gli interventi sui fabbricati esistenti, qualunque sia la tipologia di intervento proposto (ad eccezione degli interventi di manutenzione ordinaria ex DPR n. 380/01).

Al fine di chiarire il contesto e la necessità di avere standard di lavoro chiari e condivisi si precisa che gli adempimenti di cui trattasi (autorizzazione in zona sismica) discendono dall'art. 94 dell'ormai famoso DPR 380/01, ove all'art. 94 è prevista - Autorizzazione per l'inizio dei lavori (*ex Legge 3 febbraio 1974, n. 64, art. 18*).

A tal proposito si ritiene positiva la reintroduzione di una formale autorizzazione da parte dei competenti uffici, previsto da tale DPR, la quale può solo fare piacere alla nostra categoria che spesso vede la propria professionalità sottostimata.

Per concludere le presenti Linee guida si concretizzano oltre che nel § 1 e 2, anche nell'Annesso 1 "Il progettista" nel quale le competenze del geologo (non modificate dalle NTC 08) sono state confrontate con le disposizioni normative attualmente vigenti afferenti alla figura del progettista, chiarendo o, perlomeno, cercando di chiarire, come la figura del geologo si inserisce nella fase della progettazione (*ruolo e funzioni*).

Nel § 2 invece si è affrontato, come già evidenziato, il tema "modello geologico" e modello geotecnico, nel modo più pratico possibile, ovvero, fornendo le indicazioni tecniche strettamente necessarie e gli "**indici**" dei relativi elaborati.

Completano le Linee guida una sintetica bibliografia tecnica ed, in appendice, un elenco, non esaustivo, degli approfondimenti su alcune tematiche settoriali che saranno oggetto dei "quaderni" di cui sopra è cenno.

Appare evidente, quindi, come già sottolineato precedentemente, che gli OORR dovranno trovare, in sede locale i dovuti aggiustamenti al fine di fornire indicazioni congruenti con la regolamentazione locale, ove, determinati adempimenti possono essere stati oltre che modificati in alcune parti specifiche, delegati o trasferiti ad organismi diversi da quelli regionali previsti dal DPR 380/01.

In tale contesto occorre comunque vigilare affinché non ci siano "**storture interpretative**" da parte delle P.A., per cui è possibile, come già evidenziato precedentemente, che le presenti indicazioni possano costituire una base di confronto sfruttando anche esperienze maturate in contesti regionali diversi (vedi l'esempio delle Marche per gli "edifici di modesta entità" cfr. ultimo comma § 6.2.2).

Tuttavia, per un confronto professionale serio (istituzionale e professionale) occorre fornire "prodotti" adeguati rispetto alla norme vigenti ed alla pericolosità geologica del sito, anche in chiave sismica, (scopo delle presenti linee guida), richiedendo per contro, oltre ad una rivalutazione professionale, anche un adeguato corrispettivo economico.

2. RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE GEOTECNICA

Generalmente la relazione geologica e la relazione geotecnica (contenenti la "modellazione geologica" e la "modellazione geotecnica", nell'accezione del D.M. 14.01.08), vengono presentate come parte integrante di interventi subordinati al permesso di costruire ed alla dichiarazione di inizio attività (D.I.A), in quest'ultimo caso laddove ne sussistano i presupposti normativi e ne facciano richiesta gli organi tecnici territoriali.

In genere i progetti che vengono presentati all'esame della C.E.C. (commissione edilizia comunale) sono esecutivi solo dal punto di vista architettonico ed in uno stadio ancora da definire dal punto di vista strutturale.

Di questi progetti sono noti la forma, la superficie occupata e l'altezza; in alcuni casi la tipologia strutturale, ma non la distribuzione né l'entità dei carichi che la struttura trasmetterà al sottosuolo, né tanto meno la tipologia delle opere di fondazione.

Escludendo i casi più semplici, la scelta della tipologia delle opere di fondazione deve essere pertanto pensata come un processo iterativo, la cui soluzione non può che avvenire per approssimazioni successive, cercando di conciliare le esigenze di sicurezza richieste dalla legge, con le ragioni economiche del progetto in funzione delle "caratteristiche ambientali in cui il progetto s'inserisce".

Anche se la Normativa prescrive due documenti diversi per la modellazione geologica e per quella geotecnica, le indagini allegate al progetto che giunge in Commissione edilizia devono essere, per quanto possibile, definitive: cioè contenere tutti gli elementi necessari al progettista strutturale per il dimensionamento delle opere di fondazione e dell'interazione terreno struttura.

E'altresì noto che, come evidenziato nel § precedente, esistono attività soggette ad iter procedurali che prevedono fasi progressive di sviluppo dell'opera (fattibilità, preliminare, definitivo ed esecutivo DPR 554/99) e che, quindi, possono avere distinte fasi di sviluppo con elaborati tecnici aventi diverso grado di approfondimento in funzione del livello di progettazione richiesto.

Va precisato che il grado di approfondimento deve essere identico per tutti gli elaborati tecnici per cui non ci potrà essere un progetto esecutivo corredato da relazioni geologiche e geotecniche preliminari o meglio con approfondimenti e/o indagini di tipo "preliminare".

In tale ottica, come evidenziato al § precedente, particolare rilevanza assumono gli studi di fattibilità a supporto del rapporto preliminare ambientale, allo studio di impatto ambientale (Dlgs. 4/08) ed alla relazione paesaggistica (D.Lgs. 42/04), in quanto tali elaborati, da sviluppare anche in una fase di prefattibilità, prevedono lo sviluppo di ipotesi alternative con la valutazione dei possibili impatti sull'ambiente (vedi DPCM 27.12.88).

Trattandosi di un processo iterativo è evidente che esso potrà essere svolto al meglio, solo da una fattiva collaborazione tra il progettista delle strutture ed il geologo.

In linea generale possono distinguersi due casi:

1. le nuove costruzioni;
2. gli interventi sugli edifici esistenti.

In entrambi i casi si devono stabilire criteri che consentano il riconoscimento di *"costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geologico e geotecnica (6.2.2 ultimo comma)"* previsto dalla normativa (solo ai fini dell'ampiezza delle indagini ma non delle analisi relative al livello di pericolosità – vedi § precedente).

Per quanto concerne l'indice di cui al capitolo 2.1, si sottolinea, ulteriormente, che è lasciata alla professionalità del geologo il compito di valutare il livello di approfondimento e/o l'esclusione di quei paragrafi non pertinenti con le finalità dell'opera o dell'intervento oggetto della prestazione professionale richiesta dal committente, sia esso pubblico o privato.

2.1 LA RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

1 PREMESSA

2. VINCOLISTICA

- 2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento;
- 2.2 Quadro normativo di riferimento (nazionale e regionale);
- 2.3 Descrizione del sito d'intervento (vincolistica paesistica (PPR) e/o ambientale da PTR o altro strumento di pianificazione integrato a scala sovra comunale);
- 2.4 Individuazione e/o definizione delle problematiche ambientali;
- 2.5 Analisi documenti e cartografia da Piani Urbanistici (generale o esecutivo), con estratti cartografici;
- 2.6. Analisi Cartografia Piano di Bacino (e altri piani di settore, ad esempio: PTA, Piano Cave, Piani forestali, ecc.),
 - 2.6.1. PAI rischio geomorfologico (o pericolosità da frana),
 - 2.6.2. PAI rischio idraulico (o pericolosità da esondazione/alluvionamento)
- 2.7. Pericolosità geomorfologica ed idraulica (da normativa PAI);
- 2.8. Classificazione sismica (da NTC 08 od altra norma regionale).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico regionale (sulla base di dati pregressi);

- a. analisi e descrizione dei nuovi dati derivanti dal CARG, al 50.000 o al 25.000;
- b. analisi e descrizione della sismicità storica, nonché di dati derivanti dalla letteratura e dalla cartografia tecnico-scientifica pubblicata (faglie sismogenetiche da INGV ed altri dati relativi alle aree sorgente)-;
- c. analisi e descrizione della eventuali situazioni di franosità o di dissesto idrogeologico (frane e/o alluvioni) pregresso;
- d. analisi e descrizione delle condizioni di antropizzazione presenti al contorno (ambito morfologico significativo).

L'inquadramento idrogeologico dovrà contenere anche l'"*Individuazione di pozzi per acque destinate al consumo umano (art. 94 D.Lgs. 152/2006) e individuazioni di risorgive e sorgenti" e gli estratti di eventuali carte idrogeologiche pubblicate*"

4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Analisi opportunamente estesa ad un ambito o - intorno significativo - zona significativamente estesa, in relazione al tipo di opera ed al contesto geologico in cui questa si colloca.– verifica di interferenze con manufatti al contorno con produzione di cartografia originale a scala di dettaglio e comunque idonea a rendere chiare le descrizioni e le analisi realizzate.

Lo studio geologico deve pervenire alla definizione, con preciso riferimento al progetto, di un modello geologico tridimensionale, compreso il volume significativo, basato sulla conoscenza dei caratteri litostratigrafici, strutturali, geomorfologici ed idrogeologici del sito d'interesse , acquisiti attraverso specifici rilevamenti di superficie e sulla scorta di indagini dirette ed indirette. Inoltre dovranno essere definite le eventuali condizioni di instabilità , in atto e/o potenziali, e la loro tendenza evolutiva, nonché gli eventuali fenomeni erosivi connessi a forme di ruscellamento superficiali e/o episuperficiali.

La relazione, inoltre, contiene lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea e deve descrivere le eventuali interferenze con i manufatti al contorno e/o quelli in progetto.

4.1. Indagini geognostiche

4.1.1. Illustrazione del programma d'indagine e progettazione dello stesso in funzione degli obiettivi del progetto (è auspicabile che questa fase venga svolta di concerto con il progettista strutturale).” Il piano delle indagini specifiche sui terreni e sulle rocce nel sito di interesse deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona e in funzione dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica di dettaglio che possa risultare adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo”, con precisi riferimenti al progetto (compreso quelle geofisiche realizzate per la definizione dell'azione sismica)

4.1.2. Descrizione dei risultati ottenuti e delle eventuali difficoltà incontrate; illustrazione degli Standard di riferimento delle varie prove e delle indagini eseguite (AGI, ANISIG, ASTM, ecc. , elaborazione di una carta con l'ubicazione delle indagini redatta in scala adeguata)

4.1.3. Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti dalle indagini e dalle prove eseguite (evidenziazione delle eventuali incertezze) - caratteristiche intrinseche delle singole unità litologiche (terreni o rocce) con particolare riguardo ad eventuali disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali. Nelle unità litologiche costituite da alternanze di materiali diversi

devono essere descritte le caratteristiche dei singoli litotipi e quantificati gli spessori e la successione delle alternanze. Alla scala dell'ammasso roccioso, che in molti casi è costituito dall'insieme di più unità litologiche, devono essere evidenziate le differenze di caratteristiche fra le diverse unità e devono essere descritte in dettaglio le discontinuità, quali contatti stratigrafici e/o tettonici, piani di stratificazione, fratture, faglie con relativa fascia di frizione, cavità per dissoluzione.

Particolare attenzione deve essere posta nel riconoscimento di ammassi di origine antropica (rilevati e discariche) evidenziando , natura ed origine specificando eventuali adempimenti derivanti da norme settoriali (vedi ad es. d.lgs 152/06)

4.2. Analisi e ricostruzione degli aspetti e dei processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, nonché di quelli connessi al ruscellamento superficiale ed all'evoluzione del reticolo idrografico

4.3. Analisi idrologica finalizzata alla individuazione e/o definizione degli eventi estremi o di quelli particolarmente significativi sotto il profilo idrogeologico e di stabilità dei versanti

4.4. Analisi e ricostruzione degli aspetti idrogeologici ed idrogeochimici dell'area fornendo lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. Valutazione delle permeabilità/trasmittività. Definizione geometrica e dinamica degli acquiferi e delle relazioni fra acque superficiali e sotterranee.

4.5. Modellazione sismica

4.5.1. Definizione del terremoto di progetto e magnitudo;

4.5.2. Definizione delle forme spettrali definite dal $DM\ 14.1.08\ (a_{go}\ F_o\ T_{co})^*$;

4.5.2.1. Risposta sismica locale con individuazione e caratterizzazione degli elementi di ulteriore penalizzazione ai fini del calcolo della forza sismica orizzontale (stratigrafici, idrogeologici, morfologici, cavità, stabilità dei versanti, ecc.);

4.5.2.2 Definizione e giustificazione di eventuali coefficienti correttivi diversi da quelli previsti dalla norma (vedi abachi regione Toscana, Emilia Romagna, Lombardia, ecc.);

4.5.3. analisi della risposta sismica locale o, in subordine, calcolo della V_{s30} per la definizione della categoria del suolo di fondazione;

4.5.4. Spettro di risposta elastico;

4.5.5. Potenziale di liquefazione (verifica a liquefazione o evidenziazione dei motivi per i quali è giustificata l'omessa verifica);

4.6. Elementi di sintesi per la progettazione

4.6.1. Analisi dei risultati delle indagini

4.6.2. Stratigrafia e caratterizzazione geotecnica dei terreni e geomeccanica delle rocce (parametri geotecnici medi e valori disaggregati per le elaborazioni statistiche relative al valore caratteristico)

5. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Inquadramento del sito d'intervento e delle eventuali opere preesistenti, analisi delle interferenze con manufatti circostanti.

5.1 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

5.1.1 Considerazioni generali sulla stabilità del versante (opportunamente estese ad un intorno significativo) tenendo conto di quanto previsto dai PAI e dell'analisi delle forme e dei processi geomorfologici; processi erosivi e dinamiche evolutive del reticolo idrografico (ove presente);

5.1.2 Definizione del modello concettuale di franosità ed individuazione delle possibili tipologie di evento potenzialmente atteso (caratteristiche geometriche ed evolutive del versante) anche sulla base di deduzioni relative alla franosità pregressa (IFFI ; PAI; ecc.);

5.1.3 Verifiche analitiche di stabilità generali e puntuali come prescritto al punto C.6.3.2 (analisi geomorfologica quantitativa);

5.1.4 Individuazione della necessità di eventuali interventi a favore della stabilità e giudizio sulla compatibilità dell'intervento con la normativa del PAI (o di altro strumento di programmazione idrogeologico).

5.2 PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

5.2.1. Valutazioni sulla vulnerabilità della falda;

5.2.2. Problematiche idrogeologiche delle aree costiere, intrusione salina;

5.2.3. Previsione, prevenzione degli effetti indesiderati degli abbattimenti temporali locali della falda;

5.2.4. Subsidenza;

5.3 PERICOLOSITA' IDRAULICA

5.3.1. Bilancio idrologico;

5.3.2. Identificazione e stima del trasporto solido;

5.3.3. Valutazione di sintesi sugli aspetti idraulici, anche sulla scorta di precedenti esperienze emergenziali ed individuazione degli eventuali interventi di mitigazione del rischio (strutturali e non strutturali);

5.3.4. Compatibilità dell'intervento con la normativa del PAI (o di altro strumento di programmazione idraulica).

5.4 PERICOLOSITA' SISMICA

Ove richiesto specificatamente da disposizioni regionali, ai sensi della Circolare 617/09 cap. 10.1, la parte di cui al punto 4.5, potrà essere oggetto di uno specifico elaborato, sempre di esclusiva competenza del geologo, in quanto la modellazione sismica, come specificato nella stessa Circolare, non rientra nel volume significativo, ma riguarda gli aspetti di sito.

6. CONCLUSIONI

Tale capitolo, oltre ad una brevissima sintesi di quanto realizzato, dovrà contenere il giudizio sulla fattibilità geologica dell'opera in progetto ed una eventuale migliore esplicazione degli interventi eventualmente previsti per rendere il manufatto e/o l'opera compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area ed in particolare con le pericolosità ambientali definite in funzione delle indagini eseguite (tale concetto, in determinati PAI, viene espresso in termini di compatibilità idrogeologica e di rischio accettabile).

NOTA BENE

La relazione geologica dovrà essere corredata degli elaborati grafici (cartografie) e descrittivi (tabelle, figure, prove penetrometriche, sondaggi, ed allegati vari) utili a supportare il modello geologico ed a chiarire, in modo inequivocabile, gli aspetti relativi alla pericolosità geologica ed ambientale del sito anche in chiave sismica.



2.2 LA RELAZIONE GEOTECNICA

La Relazione Geotecnica, esplicita i risultati ottenuti dalle indagini e prove geotecniche, descrive la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera. In essa si riassumono i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione - terreno. L'intero studio riguarda esclusivamente il volume significativo.

La relazione è a tutti gli effetti un elaborato progettuale; essa fornisce valutazioni precise sull'opera o meglio sul sistema struttura-terreno; pertanto, come definito dal punto 6.2.2, non può più prescindere dall'opera vera e propria e non può fornire calcoli ed indicazioni esemplificativi.

Quindi, la redazione di tale elaborato prevede una stretta interazione tra geologo e lo strutturista ; infatti è impossibile redigere tale relazione per il geologo senza i dati di progetto e per lo strutturista senza l'ausilio delle indicazioni relative alla caratterizzazione dei terreni (relativi al volume significativo).

Infatti, lo strutturista deve fornire al geologo i dati prestazionali dell'opera (Tipo e Vita Nominale, Classe d'Uso, Livelli di prestazioni degli SL, etc.), le Azioni, l'Approccio progettuale, le caratteristiche delle opere di sostegno e/o delle opere speciali necessarie per la realizzazione del progetto.

Naturalmente la stessa cosa vale per lo strutturista che non può effettuare le sue verifiche senza uno specifico supporto geologico e geotecnico che tiene conto di valutazioni più estese per la pericolosità di sito e specifiche per il volume significativo.

Effettuate queste considerazioni di base si precisa che la progettazione geotecnica dell'opera prevede la definizione del grado di sicurezza che si ottiene con il "*Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali*" di sicurezza tramite la disequazione

$$Ed \leq Rd$$

Rd = valore di progetto della resistenza del terreno (di pertinenza del geotecnico)

Ed = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza del progettista delle strutture)

La resistenza del terreno R_d (Parametro) è determinata:

1. *Analiticamente (valori di progetto si ottengono dai valori caratteristici divisi per il coeff. parziale γ_m scelto)*
2. *Con misure dirette, utilizzando le Tabelle del T.U. per i coefficienti parziali*

L'azione Ed è determinata dal *valore caratteristico amplificato mediante i coefficienti parziali γ_f* (tali parametri devono essere forniti dallo strutturista)

Da cui :

$$R_k / \gamma_m \geq E_k \cdot \gamma_f \quad \text{coefficienti parziali}$$

Per cui, partendo dalla modellazione geotecnica definita in funzione della caratterizzazione geologica e della successione litostratigrafica del volume significativo, si passa alla individuazione dei Parametri nominali in funzione dei quali definire i Parametri caratteristici ed i Parametri di progetto.

Con questi parametri vanno effettuate le **verifiche allo SLU** e allo **SLE**, in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si effettueranno le **verifiche allo SLV** e quelle allo **SLD**.

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo, di cui al § 3.2.2, e permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e/o attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito (v. Quaderno specifico).

Per **valore caratteristico** di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza (vedi Quaderno), che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geologico e geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità dello strutturista su ipotesi e scelte progettuali: **la relazione geologica e la modellazione sismica sono, comunque, sempre dovute** (punto C3 delle NTC 08).

La relazione geotecnica deve essere, inoltre, corredata da una planimetria con l'ubicazione delle indagini, sia quelle appositamente effettuate, sia quelle di carattere storico e di esperienza locale eventualmente disponibili, dalla documentazione sulle indagini in sito e in

laboratorio, da un numero adeguato di sezioni stratigrafiche con indicazione dei profili delle grandezze misurate (resistenza alla punta di prove penetrometriche, altezze piezometriche, valori di propagazione delle onde di taglio, ecc.).

Nei casi in cui sia necessario il ricorso al Metodo Osservazionale, di cui al § 6.2.4 delle NTC 08, o per opere e sistemi geotecnici di particolare complessità, la Relazione Geotecnica deve comprendere anche l'illustrazione del piano di monitoraggio, con l'individuazione della strumentazione di controllo e la definizione delle procedure di acquisizione, archiviazione ed elaborazione delle misure.

Nel caso di impiego del Metodo Osservazionale, inoltre, la Relazione Geotecnica deve comprendere anche la descrizione delle possibili soluzioni alternative, con le relative verifiche, e la specificazione delle grandezze geometriche, fisiche e meccaniche da tenere sotto controllo per l'adozione di una delle soluzioni alternative previste e dei relativi limiti di accettabilità.

In estrema sintesi, i passaggi per effettuare una modellazione geotecnica sono riportati in modo schematico nel seguente riquadro :

Modellazione geotecnica

Successione geotecnica → Parametri nominali → Parametri caratteristici (da usare sempre nelle verifiche allo SLE) → Parametri di progetto derivanti da → Scelta Approccio progettuale, combinazione delle azioni → Verifiche allo SLU – Condizioni statiche → Verifiche allo SLE – Condizioni statiche → Spettro elastico per kv - SLD (noti q e T1) → Spettro di progetto per kv - SLV (noti q e T1) e per khi (per taglio sismico alla base) → Verifiche allo SLU – Condizioni sismiche – solo SLV → Verifiche allo SLE – Condizioni sismiche – solo SLD

INDICE RELAZIONE GEOTECNICA

1. PREMESSA

- 1.1. Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento;
- 1.2. Quadro normativo di riferimento;
 - 1.2.1. Eurocodici e/o altri codici internazionali;
 - 1.2.2. Normativa Nazionale;
 - 1.2.3. Normativa Regionale e/o Provinciale;
 - 1.2.4. Normativa Comunale (norma di attuazione, RUEC regolamento urbanistico edilizio comunale o altra regolamentazione a scala locale);
- 1.3. Sintesi dei dati relativi al modello geologico (con richiamo alla relazione geologica).

2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE

Illustrazione del programma d'indagine e definizione dello stesso in funzione dell'opera. Caratterizzazione delle problematiche geologiche individuate e definite nella relazione geologica con particolare riferimento alla risposta sismica locale (è auspicabile che questa fase venga svolta di concerto tra geologo e progettista strutturale). Il piano delle indagini specifiche sui terreni e sulle rocce, nel sito di interesse, deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona ed in funzione dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una adeguata caratterizzazione dei terreni ai fini della modellazione geotecnica dell'individuazione del volume significativo.

- 2.1. Criteri di indagine ed eventuali difficoltà incontrate ed illustrazione degli Standard di riferimento delle varie prove eseguite (AGI, ANISIG, ASTM, ecc. - Elaborazione della carta con ubicazione delle indagini in scala adeguata). Valutazione della qualità delle indagini.
- 2.2. Stima della rappresentatività dei campioni prelevati e delle prove in sito in relazione all'opera in progetto.
- 2.3. Esposizione dei risultati, compresi quelli delle indagini effettuate per la modellazione sismica del sito.

3. DEFINIZIONE DI EVENTUALI PROBLEMI GEOLOGICI ED ASPETTI GEOTECNICI LOCALI

Esplicitazione di un numero adeguato di sezioni stratigrafiche relative al volume significativo investigato definite anche in relazione alla modellazione geologica realizzata o assunte totalmente da questa. Indicazione dei profili delle grandezze misurate.

- 3.1. Aspetti connessi all'interazione con la falda (dewatering, sifonamento ecc).
- 3.2. Problematiche connesse alla liquefazione degli orizzonti di interesse geotecnico.
- 3.3. Aspetti connessi alla stabilità dei versanti.
- 3.4. Aspetti connessi all'amplificazione sismica per effetti di sito (stratigrafia e topografia).
- 3.5. Aspetti connessi alla presenza di anomalie non contemplate dal DM 14.1.2008 (eteropiedi facies, faglie, sinkholes ecc.).

4. CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE – MODELLO GEOTECNICO

- 4.1. interpretazione dei risultati della campagna geognostica ai fini della ricostruzione del modello geotecnico. Caratteristiche intrinseche delle singole unità litologiche (terreni o rocce) con particolare riguardo ad eventuali disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali.
- 4.2. Definizione dei valori caratteristici **fk** dei parametri geotecnici.

5. DATI DI PROGETTO

I dati di progetto devono essere forniti dal progettista strutturale: le azioni, carichi permanenti strutturali, non strutturali e carichi variabili, le caratteristiche geometriche dell'opera interagente con il terreno, il fattore di struttura/duttilità (q) ed il periodo fondamentale della struttura (T_1).

6. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

6.1 Combinazione delle azioni per i vari tipi di verifica

stati limite ultimi (SLU): *Combinazione fondamentale statica*

$$\gamma G1 \times G1 + \gamma G2 \times G2 + \gamma P \times P + \gamma Q1 \times Qk1 + \gamma Q2 \times \psi 02 \times Qk2 + \gamma Q3 \times \psi 03 \times Qk3 + \dots$$

= Ed (per qlim statica; confronto tra Ed e Rd)

stati limite di esercizio (SLE) irreversibili

-verifiche alle tensioni ammissibili: *Combinazione caratteristica*

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \times Qk2 + \psi 03 \times Qk3 + \dots$$

stati limite di esercizio statici (SLE) reversibili

(cedimenti immediati): *Combinazione frequente*

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots$$

stati limite di esercizio statici (SLE)

(cedimenti a lungo termine) *Combinazione quasi permanente*

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots$$

stati limite ultimi (q_{lim} sismica) SLV

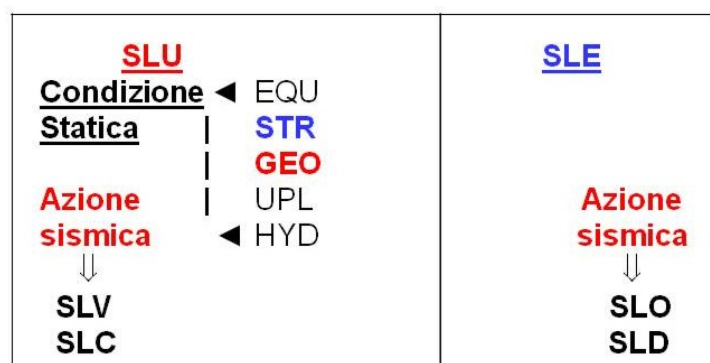
Combinazione sismica

e di esercizio (cedimenti sismici) SLD

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

6.2. Identificazione degli stati limite di progetto in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

Le verifiche sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche fanno riferimento agli SL riportati nella tabella seguente, precisando che in presenza di azione sismica si considerano verificati per le NTC 08 gli SLU utilizzando lo stato limite SLV (q_{lim} sismica) e gli SLE utilizzando SLD (cedimenti sismici).



6.3. Approcci progettuali

La norma consente di scegliere (strutturista) tra due approcci di progetto diversi:



6.4. Analisi delle attività svolte e dei risultati ottenuti ai fini della valutazione della disequazione $E_d \leq R_d$, con evidenziazione degli eventuali accorgimenti da utilizzare ai fini della stabilità dell'opera in condizioni statiche e dinamiche.

7. PIANO DI MONITORAGGIO

Ove ritenuto necessario o se obbligatorio in caso di scelta di metodo osservazionale, con l'individuazione della strumentazione di controllo e la definizione delle procedure di acquisizione, archiviazione ed elaborazione delle misure.

8. CONCLUSIONI

Nelle conclusioni, oltre ad una sintesi della attività svolte dovrà essere espresso un giudizio sulla fattibilità geotecnica dell'opera in progetto ed eventualmente degli accorgimenti utilizzati per rendere l'opera stabile sotto il profilo geotecnico.

NOTA BENE

La relazione geotecnica dovrà essere corredata degli elaborati grafici (cartografie) e descrittivi (tabelle, figure ed allegati vari) utili a supportare il modello geotecnico relativo al volume significativo del manufatto in progetto ed a chiarire in modo inequivocabile gli aspetti legati alle verifiche da effettuare per garantire la stabilità dell'opera anche in chiave sismica.



3. BIBLIOGRAFIA

- **AA Vari** , Studi di microzonazione sismica attività sismica-vulcanica etnea del 2002. Linee guida per la riparazione, il miglioramento e la ricostruzione , 2007
- **AA Vari**, “Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale”,2003, Gangemi Editore
- **AA Vari**, Norme Tecniche per le Costruzioni/2008, Geotecnica sismica, 2009, EUCENTRE - Pavia
- **AA Vari**, Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 1401.208 - , 2008, EPC Libri
- **AGI**, Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee guida, 2004, Ed.Patron
- **Aiello E.** - Nuove Norme Tecniche per le costruzioni -DM14.01.2008 : "Teoria e applicazioni nella progettazione geologica e geotecnica. Corso breve, Palermo 26.01.10, Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia.
- **ANISIG** - Modalità tecnologiche per l'esecuzione di indagini geognostiche e l'installazione e la gestione di impianti di monitoraggio. 2009
- **Barazza F.**,Malisan P., Pascolo P.,B., Carniel R.La stima degli effetti di sito prima dell'evento sismico. Miglioramenti ed applicazioni della tecnica HVSR , 2008,
- **Barla G.**, Scarpelli G. Corso di cultura geotecnica,2006 Patron Ed.
- **Barsanti P.**, D'Intinosante V., Ferrini M.,Signanini P. Note sulla sismica a rifrazione con onde di taglio per la caratterizzazione sismica dei terreni, 2009, GNGTS
- **Bowles J.** Fondazioni, McGraw-Hill,1991, Libri Italia
- **Brinch-Hansen.** A revised and extend formula for bearing capacity. , 1970, Danish Geoth. Inst. Bull., 28.
- **Canuti P.**,Crescenti U.,Francani V.-Geologia applicata all'ambiente, 2009 Ed. Ambrosiana
- **Carbone R.**, Marco Tucci C. (2010), D.M. 14 gennaio 2008, Eurocodice 7: una metodologia per la scelta dei parametri geotecnici caratteristici, “Geologia Territorio Ambiente” Rivista Ordine dei Geologi della Basilicata N. 15 Aprile 2010
- **Castellani A.**, Faccioli e. Costruzioni in zona sismica. , 2008, Hoepli
- **Cestelli Guidi C.** Geotecnica e tecnica delle fondazioni, 1975, Hoepli Ed.
- **Cherubini C.**, Vessia G. La valutazione dei parametri di progetto dei terreni sulla base dei risultati di prove in sito: metodologie al confronto. Giornale di geologia applicata 2 ,2005,Politecnico di bari.
- **Cividini.** Alcuni aspetti della modellazione del comportamento in condizioni sismiche di ammassi rocciosi e rocce tenere. In "Ingegneria Geotecnica nelle aree sismiche" a cura di T. Crespellani, CISM,1999, Udine.
- **Cortellazzo G.**, Mazzuccato A. Eurocodice 7: fondazioni superficiali.,1996, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed.Monastero M. Eurocodice 7 : pali di fondazione. ,1996, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Crespellani T.**, Madiati C., Maugeri M. Analisi di stabilità di un pendio in condizioni sismiche e post-sismiche,1996, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Crespellani T.**, Nardi R., Simoncini C. La liquefazione del terreno in condizioni sismiche.,1998, Zanichelli, Bologna

- **Cortellazzo G.**, Mazzuccato A. Eurocodice 7: fondazioni superficiali.,1996, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed. Eurocodice 7 : pali di fondazione. ,1996, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Desio A.** Geologia applicata all'ingegneria, 1974, Hoepli Ed.
- **Fabbri M.**, Garbin F., Lanzini M., Scarapazzi M. "Interpretazione dei parametri geotecnici di laboratorio" Di Virgilio Editore, 2007
- **Focardi P.** La progettazione della campagna geognostica per la **caratterizzazione** dei terreni e la definizione del modello geotecnico, Giornale di Geologia Applicata 2
- **Foti S.** La caratterizzazione geotecnica nello studio della risposta sismica locale,2006,Corso Aggiornamento Professionale - Caltanissetta - Modellazione geologica, geotecnica e sismica
- **Foti S.**, Lancellotta R., Marchetti D., Monaco P., Totani G. Interpretation of SDMT tests in transverse y isotropic medium, Second International Flat Dilatometer.,2001
- **Franceschina G.**, Emolo A., Gallovic F., Pacor F. Modellazione dei meccanismi sismo- genetici e ricostruzione del moto di riferimento. 2009 Riv.It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Gattinoni**, Pizzarotti ,Scattolini ,Scesi "Stabilità dei pendii e dei fronti di scavo in roccia " Scesi - ed PEI
- **Iliceto V., Boaga J.** Studio deterministico e misure di rumore sismico nella valutazione degli effetti di sito in Val D'adige.2005, Geologia Tecnica & Ambientale 4/5
- **ISSMGE -TC4.** Manual for Zonation on seismic Geotechnical Hazards, 1999,
- **Jappelli R.** Eurocodice 7: progettazione geotecnica. Compatibilità con le norme italiane.1996, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Lai C.G.**, Foti S., Rota M. Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione,2009
- **Lancellotta R.**, Calavera J. Fondazioni,199, McGraw-Hill, Milano
- **Lanzo G.** & Silvestri F. Risposta sismica locale: teoria ed esperienze. ,1999, Helvetius Ed.
- **Lo Presti D.**, Meisina C., Nunziante Squeglia. Applicabilità di prove penetrometriche statiche nella ricostruzione del profilo stratigrafico, 2009, Riv. It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Madia C.**, Vannucchi G. Potenziale sismico distruttivo e stabilità dei pendii: abachi e tabelle per la stima degli spostamenti,1997, Riv. It. Di Geotecnica, 3-4.1980
- **Mamì A.**, I requisiti di sicurezza antisismica degli edifici. Proposte per integrare la normativa tecnica alle strutture portante ., 2005
- **Mancuso C.** Misure dinamiche in sito, applicazioni geotecniche. ,1996, Hevelius Ed.
- **Mandolini A.** Le indagini nella valutazione del comportamento delle opere geotecniche.,2006
- **Marchetti D.** Risultati di prove in situ mediante dilatometro sismico (DDMT), **Vari XXIII** Convegno Naz. Di Geotecnica Padova-Abano Terme, maggio 2007
- **Monaco S.**,G. Liquefazione dei terreni in condizioni sismiche. , 2008, EPC Libri
- **Mucciarelli M.**, Pacor F. Introduzione alla modellazione degli effetti di sito a San Giuliano di Puglia, . 2009 Riv It. Geotecnica, Patron Ed.
- **Nakamura Y.** A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. , 1989, Quaterly Report Railway Tech. Res.Inst.Circ. Min. LL.PP. N.30787 del 4.01.89
- **Nori L.** Introduzione operativa al concetto dei valori caratteristici secondo l'Euro-codice 7 (norma europea prEN1997-1). ,2009, Forum dei geologi: www.geoforum.it
- **OG Campania**, Il contributo della geologia alla progettazione delle opere geotecniche in zona sismica, Seminario di formazione e aggiornamento 2008.
- **OG Sicilia** Corso di aggiornamento -Caltanissetta ,2006
- **Okada H.** The microtremor Survey Method. Society of Exploration Geophysicists.,2003

- **Paolucci R.**, Pecker A. Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soil ,1997, Soil and Foundation n.3.
- **Pergalani F.**, De Franco R., Compagnoni M., Caielli G. Valutazione degli effetti di sito tramite analisi numeriche e sperimentali:analisi, confronti e utilizzo dei risultati,2003, Ingegneria sismica,XIX.
- **Regoliosi P.**, Storoni Ridolfi S., "Introduzione alla Geotecnica" Dario Flaccovio Editore 2006
- **Ricci**, Lucchi F. Sedimentografia, 1969, Zanichelli
- **Richards R.**, Elms D., Budhu M. Seismic bearing capacity and settlement of foundation. Jour. Geoth. Engng. ASCE, n.4, 1993
- **Romeo R.W.** La risposta sismica locale per la progettazione strutturale.
- **Rugarli P.** Zone grigie, o stanze? Dalle "zone sismiche" al "room effect" : verso una nuova modalità nella determinazione del rischio sismico. Ingegneria sismica, 2008
- **Sistemi editoriali Se.** Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme Tecniche di Costruzione - Circolare n.617 del 2.2.2009.
- **Solustri C.**, Il fascicolo del fabbricato. Controllo e sicurezza immobiliare, Carocci Ed. Zappatore P., Il fascicolo del fabbricato.Procedure per la messa in sicurezza degli edifici, 2000, Maggioli Ed.
- **Todaro P.** ,2009, Osservazioni, valutazioni e commenti su aspetti di progettazione geologica, geotecnica e sismica nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"-NTC08 Geologi di Sicilia, n.4,2009
- **Urcioli G.** Questioni d'ingegneria geotecnica, 2005, Helvelius Ed.
- **Urcioli G.**, Penna A. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni -DM14.01.10, 2008
- **Vallario A.** Frane e territorio,1992, Liguori Editore
- **Vannucchi G.** Osservazioni e commenti al D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni per gli aspetti geotecnici. Forum del Serv. Geologico, sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, 2008
- **Vannucchi G.**, J. Facciorusso. Esempio di valutazione del potenziale di liquefazione su scala regionale secondo l'approccio deterministico e probabilistico. ,2009, Riv. It. di Geotecnica, Patron Ed.
- **Vannucchi G.**, Valutazione del rischio sismico di liquefazione mediante prove in sito.
- **Veder C.** Landslides and their stabilization, 1980, Springer-Verlag, New York
- **Veronese L.**, Garbari T. Esperienze di misura Vs30 con tecnica refraction microtremor (ReMi),2004.
- **Vesic C.** "Bearing capacity of shallow foundation" 1975
- **Viggiani C.** Fondazioni. 1999, Hevelius Edizioni, Benevento.
- **Vinale F.** (a cura di) Indirizzi per studi di microzonazione sismica , 2008, AMRA S.c.ar.l. Sezione Early Warning e Rischio Sismico.
- **Vinale F.**, Mancuso C., Silvestri F. Dinamica dei terreni. Manuale di Ingegneria Civile e ambientale, Zanichelli-ESAC.2003, in Foundation Engineering Handbook.

4. ELENCO NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 14.01.2008, Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- PCM - Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I , II e III. Roma settembre 2008.
- UNI9916. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici. Norma italiana, Ente Nazionale Italiano di Unificazione. 2004
- ISO TC98/SC3 N 229. Bases for design of structures-Seismic action for designing geotechnical works. ISO TC 98/SC3 WG10. 2003
- OPCM n.3316. Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza PCM n.3274 del 20.03.03.
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI
- DPR 554/1999 Regolamento d'attuazione dell'art. 3 L.109/1994
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio., 1994
- AGI, Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977
- **Leggi regionali** in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- **Ordinanze** Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, precompresso e da struttura metallica., 1971
- Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e consolidamento, 1989
- **Leggi regionali** in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- **Ordinanze** Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale
- D.M. LL.PP. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le sostegni delle terre e delle opere di fondazione. G.U. Repubblica Italiana n.127
- Circ. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 - Istruzione applicativa-Norme Tecniche per terreni e fondazioni.
- DPR n.246 del 21.04.1993 "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti di costruzione. AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni, 1993
- Legge 11.02.1994 n. 109 Legge quadro
- D.M.LL.PP. 16.1.96. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana, n.29 del 5.2.96.

- Legge Reg. Toscana n.56 del 30.07.97 - Programma VEL, Valutazione effetti locali -Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni della Toscana.
- EN 1998-5. Foundations, retaining structures and geotechnical aspects, 2003 CEN - European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 1998-5, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance- Part. 1: General rules, seismic actions and rules for building. CEN , Bruxelles, Belgium.
- D.M. n.471 del 25.10.1999. Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati.
- DPR n.328 del 5.06.2001, Regolamento attuativo dell'art.1, comma 18 della legge 4/99- Modifiche e integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove delle professioni di dottore geologo etc
- DPR n.380 del 6.6.2001. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.
- OPCM .3274 del 20.03.2003. Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- Norme Tecniche per il progetto sismico di ponti del 25.03.03
- OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274
- Decreto legislativo 22.01.2004 n.42 " Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio". Codice Urbani.
- OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- Decreto Legislativo n.152 del 3.03.2006 "Tutela dell'ambiente"
- OPCM del 28.04.06 n. 3519 - Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- DPCM 12.10.2007. Direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008,Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Eurocodice 7.1 (1997)Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002)Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002)Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI