

omogeneo nei riguardi della risposta sismica e, successivamente, a caratterizzare e definire i parametri necessari per una corretta progettazione, nei siti particolari di una microzona dove è prevista la costruzione di manufatti.

Per quanto riguarda il primo aspetto del problema, avendo la legislazione italiana definito tre categorie di rischio mediante il grado sismico S , si tratta di valutare se nell'ambito di un territorio comunale, inserito per legge in una delle tre macrozone, esistano delle variabilità nelle situazioni geologiche, in senso lato, che suggeriscono la suddivisione del territorio stesso in più microzone.

Per rendere significativa la microzonazione, è necessario individuare almeno un parametro geofisico quantificabile, da legare al grado sismico, sulla base del quale delimitare zone a rischio omogeneo. Tutto ciò logicamente a prescindere da situazioni particolari, quali faglie attive, frane in atto o potenziali, pendii instabili, aree soggette a fenomeni di liquefazione, ecc. che di per se stesse rappresentano situazioni ad alto rischio e che vanno individuate con un attento rilevamento geologico di dettaglio del territorio e segnalate su un adeguato supporto cartografico in scala opportuna (1:5.000 o 1:10.000) che servirà da base per l'ubicazione di stazioni di misure di competenza geofisica.

Il parametro che è più legato all'incidenza dei danni è la Rigidità Sismica R_s definita per un certo mezzo come il pro-

dotto della densità per velocità di propagazione delle onde elastiche in esso.

Si tratta allora di vedere come la rigidità possa essere utilizzata per la compilazione di una carta di zonazione; cioè come i valori di rigidità sismica rilevati in un territorio, possono essere correlati in modo univoco ad altri parametri di più diretto interesse ingegneristico. Se è lecito affermare che la rigidità sismica può essere utilizzata come parametro di base in quanto significativo (almeno in fase di microzonazione che è, lo si ribadisce, ancora una suddivisione di massima di un territorio comunale) a tutt'oggi non esiste una metodica di acquisizione e di elaborazione universalmente accettata, da utilizzare cioè come procedura standardizzata, che permetta di operare in modo omogeneo per ottenere una cartografia di zonazione correlabile a livello regionale.

Negli ultimi anni è stata spesso utilizzata la relazione proposta dal MEDVEDEV (1965) che lega il rapporto tra la rigidità sismica di una roccia di riferimento e la rigidità dei terreni superficiali, all'incremento dell'intensità macrosismica. Da una serie di osservazioni sperimentali sugli incrementi di intensità sismica effettuate su aree ristrette, tali cioè da assicurare la dipendenza degli incrementi unicamente dalla natura geolitologica dei terreni, il Medvedev ha trovato una relazione logaritmica tra l'incremento di intensità $\Delta I = n$ e la rigidità sismica R_s .

Volendo utilizzare una mappa di incrementi di intensità macrosismica elaborata secondo la metodologia del Medvedev, è necessario sviluppare il metodo legando l'intensità macrosismica, così incrementata, a parametri di più diretto interesse pratico in modo da fornire all'urbanista un elemento di base di calcolo.

4.1.3. Caratterizzazione sismica dei siti

La valutazione ultima del rischio sismico viene effettuata in fase di progettazione dei manufatti mediante la definizione puntuale degli effetti di amplificazione prodotti al di sotto dei siti d'impianto delle fondazioni. Tale valutazione ha lo scopo di verificare localmente quanto definito nell'ambito della microzonazione del territorio tenendo in debito conto la stratigrafia del sottosuolo, la tipologia e le caratteristiche strutturali del manufatto.

Tale indagine "puntuale" dovrà essere eseguita ogni qualvolta si progetta un intervento edificatorio su di un'area, necessariamente ristretta, rispetto alle microzone in cui è stato suddiviso il territorio in ambito comunale.

4.2. NORMATIVA

Il quadro normativo vigente relativo alle tematiche riguardanti la salvaguardia del territorio dal rischio sismico, del quale si è già accennato nel paragrafo precedente, direttamente o con riferimenti, si può riassumere nella seguente tabella ove sono indicate le disposizioni di legge e le principali norme emanate a partire dal 1974, sia in ambito nazionale sia in quello della Regione Campania:

Legge 2 Febbraio 1974, n. 64	Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
D.M. LL.PP. 3 Marzo 1975	Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
D.M. LL.PP. 24 Marzo 1982	Norme tecniche riguardanti la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento
L.R. CAMPANIA 7 Gennaio 1983, n. 9	Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico
D.M. LL.PP. 12 Dicembre 1985	Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle tubazioni
D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987	Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento
D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987	Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate
D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
D.M. LL.PP. 4 Maggio 1990	Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali
D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996	Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996	Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi
D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996	Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
Circolare LL.PP n. 65 del 10 Aprile 1997	Circolare illustrativa del D.M. 16.01.96
Del. G.R. della Campania n. 5447 del 7 Novembre 2002 e relative circolari applicative	Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania
D.P.C.M n. 3274 del 20.03.2003	Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
Comitato Europeo – pr EN 1998-1 Gennaio 2003	Design of structures for earthquake resistance

La citata normativa si basa su innumerevoli studi prodotti sia nell'ambito di ricerche universitarie sia su lavori di Commissioni appositamente costituite, prevalentemente in ambito nazionale.

Le problematiche riferite alla difesa del territorio dal rischio sismico sono state affrontate, altresì, anche in ambito europeo dal Comitato Europeo di Normalizzazione mediante la redazione dell'Eurocodice 8 (UNI ENV 1998-1-1 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture" che nella parte generale, in linea con quanto definito dal citato D.M. 16.01.96 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", richiama la necessità di porre molta attenzione nella definizione delle caratteristiche dei terreni di fondazione, dei criteri di progettazio-

ne, delle caratteristiche geomorfologiche e di sismicità del territorio.

Sulla base di tali normative, nell'ambito del territorio italiano, sono state schematicamente definite tre categorie di rischio all'interno delle quali si sono inseriti i territori comunali per i quali sono state imposte particolari norme di ingegneria antisismica; in altre parole la normativa sismica vigente (**Legge n° 64 del 2/2/74**, successive modificazioni e norme tecniche relative) ripartisce il territorio nazionale in "aree sismiche" di **I, II e III categoria** assegnando a ciascuna un "**grado di sismicità**" **S** pari rispettivamente a **12, 9 e 6**.

Il grado di sismicità consente di calcolare il "coefficiente di intensità sismica" con la semplice relazione:

$$C = (S - 2)/100$$

Il coefficiente **C** ha le dimensioni di un'accelerazione (espressa però in termini di frazioni dell'**accelerazione di gravità g**; **a = C × 981 cm/sec²**) e rappresenta la massima accelerazione alla quale si vuole che i manufatti rispondano elasticamente.

Si avrà allora:

per la I categoria (area sismica o macrozona)

$$a = 0.1g = 98.1 \text{ cm/s}^2 ;$$

per la II categoria $a = 0.07g = 68.7 \text{ cm/s}^2 ;$

per la III categoria $a = 0.04g = 39.2 \text{ cm/s}^2 .$

Nell'ambito di tali categorie sono stati classificati i vari territori comunali mediante opportuni elenchi stabiliti con decreti legislativi.

Nello specifico, la Legge Regione Campania n. 9, all'articolo 11, stabilisce che *“prima della formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali o loro varianti, ogni Comune della Regione, dichiarato sismico o ammesso a consolidamento, è tenuto a predisporre indagini geologiche-geognostiche al fine della prevenzione dal rischio sismico”*, procedendo alla valutazione, per zone, del grado di vulnerabilità del territorio in caso di sisma.

La normativa attuale, prescrive, inoltre, nella caratterizzazione sismica di una zona, la valutazione del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione.

4.3. METODOLOGIA

La metodologia prevista dalla normativa regionale è imposta sulla costruzione di carte tematiche di base i cui dati, eventualmente integrati da indagini specifiche per la determinazione della rigidità degli orizzonti di interesse geotecnico, devono portare alla redazione di una *“carta della zonazione del territorio che ha per scopo la definizione di zone omogenee per quanto riguarda il comportamento in prospettiva sismica”* pervenendo, in tal modo, ad una valutazione qualitativa della peri-

colosità sismica.

Dal 1983 ad oggi, numerose esperienze di zonazione del territorio in prospettiva sismica sono state attuate, prevalentemente, con il metodo di MEDVEDEV, basato sulla valutazione dell' incremento sismico locale prodotto dalla diversa rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo entro i primi 10 metri di profondità, o attraverso la determinazione dell' AMPLIFICAZIONE DINAMICA prodotta dalle caratteristiche del sottosuolo allorquando è interessato da un'eccitazione a largo spettro di frequenza prodotta da un sisma.

Attualmente ci troviamo nella fase di passaggio alla nuova normativa europea denominata in breve "Eurocodice 8".

A quest'ultimo si è fatto riferimento per la zonazione sismica del territorio comunale di Anacapri, anche in considerazione del fatto che offre la possibilità di determinare, in modo analitico, diversi coefficienti da utilizzare nel calcolo delle nuove strutture, o nella verifica di quelle esistenti, in zone sismiche.

In definitiva, la zonazione del territorio è stata ottenuta mediante:

- *La definizione delle caratteristiche stratigrafiche, morfologiche idrogeologiche e strutturali del territorio comunale, nonché l'esame della sismicità storica del territorio, utilizzando dati già noti o appositamente rilevati;*
- *La definizione dei principali parametri dinamici ed elastici dei*

terreni superficiali mediante prospezioni di sismica a rifrazione e/o di sismica in foro (Down Hole);

- *La determinazione della cosiddetta Design Ground Acceleration (nel seguito denominata DGA) ed anche del FAD (Fattore di Amplificazione Dinamica) entrambi effettuati per stratigrafie tipo elaborate sulla base dei dati geologici ed estesa a zone omogenee sia per stratigrafia sia per caratteri morfologici, idrogeologici e strutturali;*

4.3.1. CRITERI ADOTTATI PER LA RILEVAZIONE DEI DATI

Per la rilevazione dei dati necessari per l'elaborazione della Carta della zonazione in prospettiva sismica sono stati adottati i seguenti criteri:

- La sismicità storica è stata valutata attraverso i dati riportati nel catalogo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) relativi a terremoti avvertiti nell'intero comprensorio dell'Isola di Capri e di cui si hanno dati storici dal 461 a.C. al 1990.
- I danni riportati dal patrimonio edilizio sia pubblico sia privato in seguito al terremoto del Novembre 1980 sono stati analizzati qualitativamente allo scopo di verificare l'obiettiva esistenza di una relazione tra i danni subiti da un lato e l'ubicazione ed il terreno di fondazione dall'altro.
- Per quanto attiene i dati stratigrafici, utilizzati sia per la ricostruzione di un modello strutturale del sottosuolo in grado di evidenziare la conformazione della Formazione Lapi-

dea di Base (FLB) sia per individuare successioni tipiche sulle quali definire la DGA ed il FAD, Ovviamente le stratigrafie di dettaglio rilevate nel corso dei sondaggi meccanici, così come la distribuzione dei litotipi in profondità evidenziate attraverso il rilevamento geolitologico, sono state semplificate anche in considerazione del fatto che è stato possibile accertare che le approssimazioni adottate sono ininfluenti sui risultati ottenuti.

- I parametri fisico-meccanici dei terreni, (peso dell'unità di volume, granulometrie, ecc.) sono stati ricavati da numerose prove di laboratorio effettuate su campioni prelevati nel corso di specifiche indagini geognostiche.
- Le prospezioni di sismica a rifrazione, eseguite per la determinazione dei moduli elastici dinamici dei terreni, sono stati ubicate in zone del territorio ove la stratigrafia è ben nota o per aver eseguito in aree limitrofe adeguate perforazioni o perché la stratigrafia è ben rilevabile dagli affioramenti.

4.3.2. ANALISI DEI DATI ED ELABORAZIONE

4.3.2.1. Sismicità storica

L'analisi della sismicità storica evidenzia che i massimi effetti per l'Isola di Capri sono legati a sorgenti sismogenetiche localizzate nell'Appennino Campano-Lucano, mentre le strutture geologiche locali, pur mostrando una sensibile

attività tettonica recente con movimenti verticali negli ultimi due milioni di anni, con rigetti di alcune migliaia di metri, sono caratterizzate da sismicità estremamente bassa rispetto a quella dell'asse della catena appenninica.

Questa condizione può essere dovuta o ad un'arresto del fenomeno neotettonico in tempi recenti (>130.000 anni) oppure ad un comportamento anelastico del mezzo pur continuando il fenomeno, ovvero il periodo di ritorno di terremoti a sorgente locale di elevata intensità sia molto più lungo rispetto al periodo esaminato (2.000 anni).

Gli eventi che hanno prodotto i massimi effetti nell'Isola di Capri sono riportati nella seguente tabella:

Earthquakes from the Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, 461 a.C.-1990 (da INTERNET: INGV – ROMA)							
Date	Lat	Lon	Io	Iloc	Imax	Me	Epicentral zone
1857 12 16	40.35	15.85	11.0	4.6	11.0	7.0	Basilicata
1905 09 08	38.67	16.07	10.0	0	10.5	6.8	Calabria
1915 01 13	41.98	13.65	11.0	4.0	11.0	7.0	Marsica
1930 07 23	41.05	15.37	10.0	4.0	10.0	6.7	Irpinia
1962 08 21	41.23	14.95	9.0	4.0	9.0	6.2	Irpinia
1980 11 23	40.85	15.28	10.0	4.5	10.0	6.7	Irpinia-Basilicata

Tabella 4.1

Dalla tabella si evince che la massima intensità locale (Iloc) è stata valutata per il Comune di Anacapri e per quelli limitrofi al IV - V grado della scala MCS.

4.3.2.2. Danni riportati dal patrimonio edilizio a seguito del terremoto del Novembre 1980

In seguito all'evento sismico del Novembre 1980, il patrimonio edilizio del Comune di Anacapri non ha subito alcun danno tanto che nessuna pratica è stata istruita ai sensi della legge 219/81

4.3.2.3. Dati geolitologici utilizzati

Per la zonazione del territorio comunale in prospettiva sismica sono stati utilizzati i numerosi dati ottenuti con una specifica indagine geognostica, già sintetizzata nel paragrafo 2.3.

4.3.2.4. Modello strutturale del sottosuolo ed individuazione della Formazione Lapidia di Base (FLB)

Dall'analisi dei prospetti stratigrafici ricavati nel corso di perforazioni eseguite nell'ambito del territorio comunale, integrati con quanto rilevato in campagna e desunto dalla bibliografia specializzata, è stato possibile definire un modello strutturale schematizzato nelle figure 3.2 e 3.3, caratterizzato dalla presenza di:

- un substrato carbonatico (**CLC**) dislocato in monoclinali, con prevalente immersione a nord-ovest, da un sistema di faglie dirette orientate secondo varie direzioni, a testimonianza delle complesse vicende tettoniche che hanno

interessato l'Isola di Capri. Il substrato affiora nella quasi totalità del territorio comunale

- Detrito calcareo (**DTC**): è costituito prevalentemente da brecce calcaree provenienti dal disfacimento di versanti in litologie carbonatiche. Laddove è costituito da clasti di dimensioni variabili ben cementati, è stato assimilato, in base al comportamento meccanico, al calcare fratturato.
- Piroclastiti rimaneggiate (**PR**) a parziale copertura di buona parte dei litotipi precedentemente descritti. Nella Piana hanno uno spessore compreso tra 5 e 10 metri circa; nelle zone collinari, ove lo si ritrova abbondantemente mescolato con la parte alterata del complesso arenaceo-marnoso-argilloso (lo spessore è contenuto nell'ordine di qualche metro) o sovrapposto direttamente ai calcari (spessore da pochi metri a qualche decimetro).

La ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, porta ad individuare il substrato carbonatico (CLC) quale **Formazione Lapidea di Base (FLB)**

4.3.2.5. Caratteristiche tecniche dei terreni

Relativamente ai parametri utilizzati nel presente capitolo, sono di seguito sintetizzate le caratteristiche tecniche dei terreni presenti nel sottosuolo del territorio comunale di Anacapri. Con riferimento al peso dell'unità di volume (γ) ed alla granulometria si adottano:

Litotipo	sigla	γ (*) (Kg/dm ³)	granulometria
Calcari	CLC	2,62	
Calcari fratturati	CF	2,50	
Detrito	DT	2,50	ghiaia
Piroclastiti recenti	PR	1,48	Da: limo con sabbia e con argilla debolmente ghiaioso a: sabbia con ghiaia e con limo, debolmente argillosa

(*) Valore medio rilevato mediante numerose determinazioni sperimentali dei valori di γ

Tabella 4.2

4.3.2.6. Analisi ed elaborazione dei dati sismici

I risultati delle prospezioni sismiche sono stati elaborati e riportati nei grafici dei tempi di arrivo in funzione delle distanze dei geofoni dai punti di scoppio (dromocrone). In tal modo è stato possibile definire i profili stratigrafici con le velocità di propagazione delle onde elastiche tipiche dei terreni attraversati e gli spessori di questi ultimi, tarati con quanto rilevato attraverso i sondaggi meccanici ed il rilevamento di campagna eseguiti in prossimità dei siti delle prospezioni geofisiche.

Nella Tabella 4.3 sono riassunti, per ciascun profilo la ricostruzione litostratigrafica, i valori delle velocità e gli spessori ottenuti mediante l'analisi delle dromocrone.

Nella Tabella 4.4 sono riportati, invece, i parametri elastico-dinamici dei terreni in funzione delle velocità e della densità del mezzo attraversato.

Profilo PS1 – Campo Sportivo				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	565	235	2	Piroclastiti rimaneggiate
2	1328	577	10	Brecce
3	2667	1212	18	Calcari
Profilo PS2 – Via Lo Pozzo				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	545	227	3	Piroclastiti rimaneggiate
2	1441	627	3	Calcari fratturati
3	2667	1212	24	Calcari
Profilo PS3 – Casa Comunale				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	536	223	3	Piroclastiti rimaneggiate
2	1344	584	4	Brecce e/o Calcari fratturati
3	2200	1000	23	Calcari
Profilo PS4 – Via Linciano				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	580	242	3	Piroclastiti rimaneggiate
2	1481	644	7	Brecce e/o Calcari fratturati
3	2226	1012	20	Calcari
Profilo PS5 – Migliara				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	526	219	1	Piroclastiti rimaneggiate

2	1237	538	10	Brecce
3	2558	1163	19	Calcari
Profilo DH S6 – Largo Paradiso				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	546	228	9	Piroclastiti rimaneggiate
2	1348	586	8	Brecce e/o Calcari fratturati
3	2650	1205	13	Calcari
Profilo DH S7 – Piazzetta Barile				
Strato	Velocità P (m/s)	Velocità S (m/s)	Spessore (m)	Litotipo
1	396	165	5	Piroclastiti rimaneggiate
2	1475	641	3	Brecce e/o Calcari fratturati
3	2652	1205	22	Calcari

TABELLA 4.3

Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Spessore (m)	Coeff di Poisson	Mod di Young (Kg/cm ²)	Mod di Compress (Kg/cm ²)	Mod di Taglio (Kg/cm ²)	Rigidità sismica	Densità (Kg/dm ³)	Litotipo
PS1 – Campo sportivo										
1	565	235	2	0,39	2281	3635	817	0,34	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1328	577	10	0,38	23033	32992	8323	1,43	2,50	Breccie
3	2667	1212	8	0,37	105442	135043	38486	3,17	2,62	Calcari
PS2 – Via Lo Pozzo										
1	545	227	3	0,39	2128	3379	763	0,33	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1441	627	3	0,38	27189	38808	9828	1,56	2,5	Calcari fratturati
3	2667	1212	6	0,36	105442	135043	38486	3,17	2,62	Calcari
PS3 – Casa Comunale										
1	536	223	3	0,39	2054	3271	736	0,33	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1344	584	4	0,38	23595	33790	8526	1,46	2,50	Breccie e/o Calcari fratturati
3	2200	1000	23	0,37	71777	91875	26200	2,62	2,62	Calcari
PS4 – Via Linciano										
1	580	242	3	0,39	2418	3823	867	0,35	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1481	644	7	0,38	2868	41009	10368	1,61	2,5	Breccie e/o calcari fratturati
3	2226	1012	20	0,36	73507	94046	26833	2,6	2,62	Calcari
PS5 – Migliara										
1	526	219	1	0,39	1981	3184	710	0,32	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1237	538	10	0,38	20020	28606	7236	1,3	2,5	Breccie
3	2558	1163	20	0,36	97078	124186	35437	3	2,62	Calcari
DH S6 – Largo Paradiso										
1	546	228	9	0,39	2146	3386	769	0,34	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1348	586	8	0,38	23754	33981	8585	1,47	2,5	Breccie e/o Calcari fratturati
DH S7 – Piazzetta Barile										
1	396	165	5	0,39	1124	1784	403	0,24	1,48	Piroclastiti rimaneggiate
2	1475	641	3	0,38	28424	40695	10272	1,60	2,5	Breccie e/o calcari fratturati

TABELLA 4.4

4.3.3. Risultati

4.3.3.1. Ricostruzione dei profili stratigrafici tipo; il Fattore di Amplificazione Dinamico (FAD) e relativo calcolo

Profili stratigrafici tipo

In base alla ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche e strutturali del sottosuolo ed all'analisi dei dati rilevati nel corso delle prospezioni geofisiche, sono stati ricostruiti diversi profili stratigrafici tipo, riportati nella Tabella 4.5, per ognuno dei quali è stato successivamente calcolato il FAD.

Stratigrafia tipo	Litologia (<i>dal basso verso l'alto</i>)	Sigla	Spessore
1	Calcari	CLC	>1000 m
	Brecce	BR	10 m
	Piroclastiti	PR	1m – 2m
2	Calcari	CLC	>1000 m
	Brecce	BR	10 m
	Piroclastiti	PR	2m – 4m
3	Calcari	CLC	>1000 m
	Brecce	BR	10 m
	Piroclastiti	PR	4m – 6m
4	Calcari	CLC	>1000 m
	Brecce	BR	10 m
	Piroclastiti	PR	6m – 8m
5	Calcari	CLC	>1000 m
	Brecce	BR	10 m
	Piroclastiti	PR	>8 m

Tabella 4.5

Fattore di Amplificazione dinamico e relativo calcolo

La legislazione vigente in Italia definisce, come è noto, il coefficiente sismico K; tale coefficiente interviene in sede di progetto, rappresentando, il livello di forze orizzontali (accelerazioni) rispetto alle quali si vuole che l'edificio, o la struttura in genere, risponda e-

lasticamente. Infatti la normativa tecnica stabilisce che la forza tangenziale di cui si deve tener conto nei calcoli per una struttura da edificarsi in zona sismica è:

$$F = K \times W \quad (3.1)$$

dove W rappresenta la massa della struttura e K , che ha le dimensioni di un'accelerazione, è il "coefficiente sismico" dato da:

$$K = C \times R \times \varepsilon \times \beta \times \gamma_i \quad (3.2)$$

in cui:

- C è il coefficiente di intensità sismica;
- R è il coefficiente di risposta della struttura in funzione del periodo fondamentale della stessa;
- ε è il coefficiente di fondazione;
- β è il coefficiente di struttura;
- γ_i è il coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche.

In particolare, R viene posto uguale a 1 per edifici con periodo proprio T_0 inferiore a 0.8 secondi e si assegnano valori minori di 1 per periodi propri superiori a 0.8 secondi; si ricorda a questo proposito, che il periodo proprio di un edificio può essere approssimativamente calcolato, a seconda che si tratti di edifici in muratura o intelaiati in cemento armato, rispettivamente mediante le formule di Castellani.

Mentre questi parametri, come pure β e γ_i , sono di prevalente se non esclusivo interesse ingegneristico, in funzione delle situazioni geologiche si possono modulare sia ε (*coefficiente di fondazione con valori compresi tra 1 ed 1,3*) sia C (*coefficiente di intensità sismica posto $C=(S-2)/100$ (2.4) con S , grado di sismicità, po-*

sto uguale a 6, 9 e 12, rispettivamente per la III, II e I categoria sismica; per cui risulta $C=0,04$ per la III categoria in base al D.M.3 marzo 1975 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE").

Tramite C si ottiene il valore dell'accelerazione sismica di base o legale: $a = C \times g$ (accelerazione di gravità uguale a 981cm/s^2), che può essere considerata un parametro fisicamente misurabile dagli accelerometri.

La modulazione di C può avvenire tramite la valutazione dell'incremento di valore dell'accelerazione di base in funzione di situazioni geologiche locali, come nel paragrafo seguente sarà mostrato.

L'intensità macrosismica I è legata all'accelerazione a mediante la formule di Cancani-Sieberg e di Richter, rispettivamente :

$$\log a = (I/3) - 1 \quad (3.3)$$

$$\log a = (I/3) - 0.5 \quad (3.4)$$

La prima di impiego in presenza di fabbricati vetusti, la seconda per fabbricati più recenti.

Il coefficiente C è fissato dalla legge e viene definito in relazione al grado di sismicità S (si veda la formula (2.4)). Utilizzando le relazioni di Cancani-Sieberg e Richter (3.3 e 3.4) diventa immediata la corrispondenza tra il valore C (che, come si è visto, comunemente viene espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g) indicato dal legislatore ed il valore dell'Intensità Sismica Legale I , stabilita mediante il grado di sismicità S (si vedano di seguito le formule (3.5 e 3.6), da incrementare attraverso la valutazione delle situazioni locali.

Numerosi studi (cfr. Bibliografia) e verifiche eseguiti anche su aree della nostra Regione e con litologie analoghe, hanno dimostrato che la rigidità sismica o impedenza acustica (prodotto della densità per la velocità di propagazione delle onde sismiche) e gli spessori della successione stratigrafica presente nei primi 20 metri, è un parametro di notevole interesse, in quanto legato all'incidenza dei danni provocabili da un terremoto ed è di relativamente semplice determinazione per quell'orizzonte di terreno di 20 metri che ha la maggiore influenza sulla prima frequenza di risonanza del **FAD (Fattore di Amplificazione Dinamica)**.

Dalla recente bibliografia si desume che il FAD, che fisicamente è il valore dell'amplificazione che subisce l'accelerazione di una onda sismica, proveniente dal profondo e propagatasi nella cosiddetta Formazione Lapidea di Base, al passaggio nello strato di copertura normalmente meno compatto e di natura sedimentaria; è il parametro più significativo per la valutazione quantitativa degli effetti sismici in presenza di situazioni stratigrafiche senza forti variazioni laterali. In pratica, quindi, il metodo risulta valido per i suoli che possono essere modellizzati in 2 dimensioni.

Particolare rilievo riveste per il calcolo del FAD, la scelta della cosiddetta FLB (Formazione Lapidea di Base) (Cfr.: Bibliografia II,VI,VII). Alcuni autori (Cfr.: Bibl. XI) considerano come FLB di riferimento la formazione a massima rigidità sismica, presente entro i 20-30 metri di profondità dal p.c. nell'area anche ristretta (1 Km²) interessata dalla microzonazione; accertato che nell'intero territorio comunale, nei primi 30 metri di profondità è sempre presente il substrato carbonatico, e che il suo spessore è notevole, è sempli-

ce attribuire a questo litotipo il ruolo di FLB.

Poiché i valori del FAD, come andremo a considerare successivamente, sono utilizzati per la determinazione del **C**, da sostituire a quello legale, una valutazione oggettiva a scala comunale è necessaria. Il FAD è una funzione della frequenza, va a modulare l'accelerazione di base avente anch'essa un spettro di frequenza, per cui si dovrebbe parlare più propriamente di *convoluzione* tra le due grandezze.

In pratica per motivi di semplificazione, della funzione FAD si considera il primo massimo, cioè il massimo corrispondente alla frequenza più bassa **f₀** (frequenza fondamentale di oscillazione del suolo) ovvero il massimo della funzione FAD nell'ambito dei primi 5–10 Hz. La conoscenza della frequenza **f₀**, che viene chiamata frequenza fondamentale di risonanza del pacco sedimentario, risulta utile in quanto una sua vicinanza o coincidenza con la frequenza di risonanza del fabbricato è sicuramente pericolosa.

L'accelerazione al suolo o in corrispondenza di un certo orizzonte sarà semplicemente fornita dal prodotto del FAD per l'accelerazione di base.

Una volta determinato il FAD il valore di accelerazione amplificata sarà $a' = a \times \text{FAD}$ ed **f₀** la frequenza corrispondente al primo picco o massimo del FAD.

Il FAD è da considerare come l'amplificazione dell'accelerazione sismica di base o di legge che prevede per il territorio di Anacapri, classificato con III Categoria sismica, $S=6$ e $C=(S-2)/100=0.04$. Per questo motivo:

- si ha come valore dell'accelerazione di base:

$$a = 0.04 \times 981 = 39.24 \text{ cm/s}^2 \quad (3.5)$$

- si può determinare **I** di base con la formula di Richter (3.4).

$$I_b = 3 \log(39.24) + 1.5 = 6.28 \quad (3.6)$$

che corrisponde proprio al Grado di Sismicità $S=6$.

La determinazione di cui sopra (3.6) corrisponde ovviamente al valore di $FAD = 1$ e si riferisce alla situazione di FLB affiorante.

Per ciascuna delle stratigrafie tipo definite risulterà un valore di $FAD > 1$. Per cui la corrispondente della (3.6) sarà:

$$I_{loc} = 3 \log(39.24 \times FAD) + 1.5 > I_b \quad (3.7)$$

valore di **I** che sarà utilizzato per la determinazione di **C** localmente.

Come già ampiamente riferito nei paragrafi precedenti, per determinare il valore in modo più corretto del $FAD(fo)$ si è proceduto ad eseguire una prospezione sismica in grado di determinare le velocità e gli spessori degli strati di materiale nei primi 20-25 m .

La prospezione eseguita con 5 stendimenti sismici a rifrazione , aventi ciascuno lunghezza compresa tra i 40 ed i 91 metri e due prove sismiche in foro (Down Hole), ha consentito di individuare e caratterizzare le formazioni superficiali e subsuperficiali secondo le seguenti tabelle. Gli stendimenti sono stati ubicati in modo strategico al fine di determinare le velocità delle formazioni principali che caratterizzano il territorio del Comune di Anacapri. In particolare si sono potute caratterizzare le formazioni: Calcarea, calcarea fratturato e/o brecce, le Piroclastici rimaneggiate.

Per la determinazione del FAD (cfr.:II,V,VI,VII,VII,IX,XI,XII) è stato necessario conoscere anche il valore della densità di ciascu-

no strato; perciò sono stati utilizzati i valori ricavati da analisi di laboratorio relativi ai carotaggi meccanici eseguiti nell'area.

I valori grafici del FAD, per le varie situazioni, sono stati calcolati con uno specifico programma di calcolo in linguaggio MATLAB 6.1 e sono riportati in Appendice alla presente relazione.

Valori di **C** locale attraverso il calcolo del FAD

Dopo aver calcolato i valori del FAD per le stratigrafie tipo sono stati determinati i corrispondenti valori del coefficiente di Intensità sismica con la seguente relazione:

$$C = (I-2)/100 \quad (3.8)$$

attribuiti a ciascuna zona, come riportato nelle tabelle 4.6 e 4.8.



4.4. CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI INTENSITA' SISMICA "C" CONSIDERANDO GLI SPESSORI DEI TERRENI DI COPERTURA

(METODOLOGIA DEL FAD SECONDO QUANTO PREVISTO DALLA NORMATIVA PRECEDENTE ALL' EUROCODICE 8)

Quando ci si ritrova in presenza di stratigrafie con forte contrasto di rigidità sismica tra la copertura ed i materiali sottostanti, compreso il bedrock, come del resto risulta verificarsi per il territorio del Comune di Anacapri risulta utile la valutazione del FAD il calcolo del Coefficiente di Intensità Sismica "C" ed il successivo raffronto con i risultati ottenuti con la nuova metodologia. Il FAD infatti, oltre a tener conto delle velocità delle onde nei litotipi considerati e del loro spessore considera anche la densità dei materiali stessi e valuta i periodi e le ampiezze di risonanza dei pacchi di suolo, quando essi vengono ad essere interessati da una perturbazione elastica.

Valori di C derivanti dal calcolo del FAD per i profili sismici:

PROFILO	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	DHS6	DHS8
FAD	2,0	1,5	1,7	1,6	1,7	8,6	12,5
INTENSITA' SISM.(S)	7,184	6,809	6,973	6,894	6,973	9,085	9,572
$C=(S-2)/100$	0,052	0,048	0,050	0,049	0,050	0,071	0,076

Tabella 4.6

Valori di C derivanti dal calcolo del FAD per i profili tipo considerando gli spessori delle coperture riportati nella Carta degli Spessori dei Terreni di Copertura

TIPOLOGIE	COP_0-1m	COP_1-2m	COP_2-4m	COP_4-6m	COP_6-8m	COP_>8m
FAD	1,000	1,800	3,000	5,000	6,500	7,500
INTENSITA' SISM(S)	6,281	7,047	7,713	8,378	8,720	8,906
$C=(S-2)/100$	0,043	0,050	0,057	0,064	0,067	0,069

Tabella 4.7

4.5. DETERMINAZIONE DELLA DESIGN GROUND ACCELERATION

4.5.1. Riferimenti generali e metodi

L'Eurocodice 8 (*Design of structures for earthquake resistance*) contiene in sé tutta la normativa sismica, sia per gli edifici sia per le altre opere di ingegneria civile, fatta eccezione per opere speciali quali centrali nucleari, strutture off-shore, grandi dighe. Ovviamente esso si ricollega, in modo complementare, agli altri Eurocodici che trattano le stesse opere in campo statico.

La normativa si sviluppa in 6 parti distinte, dedicate a specifici settori:

- *EN 1998-1*, in cui si definiscono le regole generali, le azioni sismiche, e regole specifiche per gli edifici;

- *EN 1998-2*, relativo ai ponti;
- *EN 1998-3*, relativo agli interventi sugli edifici esistenti (adeguamento e riparazione);
- *EN 1998-4*, relativo a serbatoi, silos e condotte;
- *EN 1998-5*, relativo alle fondazioni, alle opere di sostegno ed alle problematiche geotecniche;
- *EN 1998-6*, relativo a torri, antenne e ciminiere.

La normativa italiana (D.M. 16.1.96), vedansi i paragrafi precedenti,, classifica le aree sismiche in tre categorie (I, II e III) caratterizzate da diversi gradi di sismicità (12, 9 e 6), cui corrispondono i cosiddetti coefficienti sismici C, pari rispettivamente a 0,1, 0.07 e 0.04.

Tale classificazione scaturisce essenzialmente dalle mappe di intensità macrosismica, che a loro volta si basano sulla osservazione degli effetti indotti dai terremoti in superficie, sull'ambiente

La normativa europea, invece, cambia completamente approccio nella valutazione della sismicità di un'area, in quanto essa scaturisce da una osservazione del fenomeno sismico che potremmo definire "dal basso" ed "a priori": dal basso nel senso fisico del termine, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo "profondo" verso la superficie libera, ed a priori, poiché la zonazione sismica tiene conto esclusivamente del moto sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull'ambiente fisico sui manufatti ed an-

che sulle persone (vedi ad esempio le varie scale di intensità Mercalli).

L' approccio è quindi concettualmente molto affine a quello del FAD . .

In pratica la classificazione sismica, e le azioni che congruentemente si determinano, derivano da una osservazione del fenomeno terremoto che potremmo definire "dall'alto" ed "a posteriori": dall'alto nel senso fisico del termine, poiché si osservano sia l'ambiente fisico sia quello costruito, ed a posteriori, poiché si tiene conto degli effetti prodotti al termine dell'azione sismica, che sono funzione sia della "pericolosità" intrinseca del sito, sia della "vulnerabilità" dell'ambiente fisico e costruito. Nella valutazione delle azioni sismiche è inoltre contemplato il ruolo delle condizioni "locali" dei terreni del sottosuolo, attraverso il cosiddetto coefficiente di fondazione e, che incrementa le azioni sismiche del 30% per il solo caso di depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 m, soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori. Tale coefficiente costituisce quindi una sorta di numero magico, che si basa esclusivamente sulla natura del deposito, e non su valutazioni quantitative delle reali caratteristiche meccaniche dei terreni.

In definitiva la norma europea mira anzitutto alla identificazione del valore di una particolare accelerazione massima, al termine del viaggio del moto sismico dalla zona d'origine (sorgente sismica) fino in superficie, su di una formazione rigida affiorante.

Separatamente tiene conto, certamente in maniera più razionale, della presenza dei terreni sciolti a ricoprimento della forma-

zione rigida, e quindi del cosiddetto effetto “locale”, previa la individuazione di diverse classi di sottosuolo, funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. In tale caso, però, i diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico che consistono non solo nella variazione dell’accelerazione di picco, ma anche nella implicita variazione del contenuto in frequenza del segnale stesso, attraverso l’adozione di spettri di risposta differenziati, come si vedrà nel seguito.

La prima parte del capitolo 3 dell’ EUROCODICE 8, è dedicata proprio alle condizioni geotecniche del sottosuolo ed alla relativa classificazione, in quanto ciò è strumentale per la successiva definizione delle accelerazioni di picco e delle zone sismiche.

Si premette che il sottosuolo del sito dovrebbe essere esente dal rischio di fenomeni di collasso di tipo “geotecnico” (ad es. instabilità di pendii e liquefazione).

Quindi sono individuati 7 diversi tipi di sottosuolo, di cui i primi 5 sono identificati con le lettere da A ad E, e gli altri due come S1 ed S2.

Per ciascuno di essi sono sinteticamente descritti i profili stratigrafici, ed i valori di specifici parametri meccanici, così come riportato, nella versione originale in inglese, nella seguente Tabella 1. In sintesi la classificazione individua sottosuoli a rigidezza via via decrescente, a partire dal sottosuolo tipo A, costituito praticamente da roccia affiorante o ricoperta da uno strato meno rigido dello spessore massimo di 5 m, fino ai sottosuoli S1 ed S2, molto deformabili e finanche suscettibili di fenomeni di rottura per la sola azione sismica. Per ciascuno dei primi 5 tipi di sottosuoli (da A ad E) ver-

ranno poi definiti una serie di parametri caratterizzanti il moto sismico in superficie; al contrario per i sottosuoli S1 ed S2 si impone di effettuare studi specifici per la determinazione delle azioni sismiche.

Il parametro meccanico certamente più significativo per la caratterizzazione del tipo di sottosuolo è la cosiddetta “average shear wave velocity” $V_{s,30}$, che è una sorta di velocità equivalente (e non media) delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, calcolata come :

$$v_{s,30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/v_i)$$

Ground Type	Description of stratigraphic profile	Parameters		
		$v_{s,30}$ (m/s)	A^{spj} (blows/30cm)	c_u (kPa)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5 m of weaker material at the surface	>800	-	-
B	Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of m in thickness, characterised by a gradual increase of mechanical properties with depth	360 – 800	>50	>250
C	Deep deposits of dense or medium dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of m	180-360	15-50	70-250
D	Deposits of loose-to –medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil	<180	<15	<70
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with $V_{s,30}$ values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $v_{s,30} > 800$ m/s			
S1	Deposits consisting – or containing a layer at least 10 m thick – of soft clays/silts with high plasticity index ($PI > 40$) and high water content	<100 (indicative)	-	10-20
S2	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in types A –E or S1			

Tabella 4.8 – Tipi di sottosuolo

La pericolosità sismica di un sito è sintetizzata in un unico parametro, la *reference peak ground acceleration on type A ground*, a_{gR} . Essa è la massima accelerazione attesa su suolo rigido (tipo A), con riferimento al periodo di ritorno P_{NRC} corrispondente al *no-collapse requirement*, ovvero con riferimento all'equivalente probabilità di eccedenza in un periodo P_{NRC} di riferimento di 50 anni. A tale periodo di ritorno si associa un fattore di importanza unitario.

Una rappresentazione del significato fisico della *reference peak ground acceleration* a_{gR} è fornita nella sezione schematica di Figura 4.1.

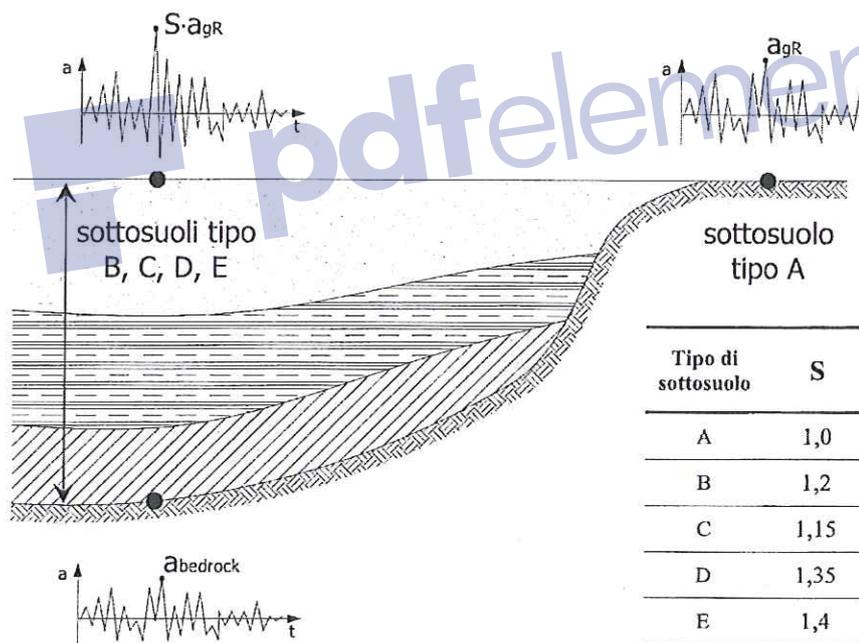


Figura 4.1 – Rappresentazione schematica delle accelerazioni (al bedrock ed in superficie) e delle classi di sottosuolo (da: XX)

Altra componente importante dell' azione sismica è lo spettro di risposta in frequenza per cui per i Tipi di Sottosuolo (B-E) il legislatore ha previsto una correzione ai valori di S secondo le due tabelle, in funzione dell' adozione di due principali spettri di risposta Tipo1 o Tipo2. (vedasi l' EUROCODICE 8)

Tipo di sottosuolo	S	TB(s)	TC(s)	TD(s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Tabella 4.9 - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico consigliati per Tipo1

Tipo di sottosuolo	S	TB(s)	TC(s)	TD(s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

Tabella 4.10 - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico consigliati per Tipo2

4.5.2. Valori della Design Ground Acceleration secondo la procedura dell' EUROCODICE 8

I valori della Design Ground Acceleration sono stati calcolati in base alle procedure indicate dall' Eurocodice8, sia puntualmente in corrispondenza dei profili sismici a rifrazione sia delle prove in foro. Sono stati inoltre calcolati i valori della stessa DGA per le sei tipologie stratigrafiche in cui in base al complesso delle indagini svolte è stato possibile suddividere il territorio del Comune di Anacapri.

Le sei tipologie differiscono l'una dall'altra solamente per lo spessore dei terreni di copertura, con i seguenti intervalli: 0-1 metri; 1-2 metri, 2-4 metri, 4-6 metri, 6-8 metri, maggiore di 8 metri e per la presenza o meno di uno strato intermedio, compreso tra la copertura ed il substrato carbonatico, costituito da breccie e/o calcari molto fratturati.

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE PS1 -Lunghezza Stendimento m 91

PROFILO					PS1(91)	CAMPO SPORTIVO	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	2			
BRECCE	2,50	1328	577	10			
CALCARI	2,62	2667	1212	18	SPETTRI	T1	T2
				30		S=1,2	S=1.35
			VEL EQ	738	TIPO B	1,200	1,350
CATEGORIA	SISMICA	III			ACC	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,048	0,054

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE PS2
-Lunghezza Stendimento m 52

PROFILO					PS2(52)	VIA LO POZZO	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	545	227	3			
CALC FRATT	2,50	1441	627	3	SPETTRI	T1	T2
CALCARI	2,62	2667	1212	24			
				30		S=1,2	S=1,35
			VEL EQ	794	TIPO B	1,200	1,350
					III CAT	0,040	0,040
			DESIGN GROUND ACCELERATION			0,048	0,054

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE PS3
-Lunghezza Stendimento m 40

PROFILO					PS3(40)	CASA COMUNALE	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	536	223	3			
BRECCE e/o CALCARI							
FRATTURATI	2,50	1344	584	4	SPETTRI	T1	T2
CALCARI	2,62	2200	1000	23			
				30		S=1,2	S=1,3
			VEL EQ	693	TIPO B	1,200	1,350
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
			DESIGN GROUND ACCELERATION			0,048	0,054

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE PS4
-Lunghezza Stendimento m 91

PROFILO					PS4(91)	VIA LINCIANO	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	580	242	3			
BRECCE e/o CALCARI							
FRATTURATI	2,50	1481	644	7			
CALCARI	2,62	2226	1012	20		T1	T2
				30		S=1,2	S=1,35
			VEL EQ	697	TIPO B	1,200	1,35
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
			DESIGN GROUND ACCELERATION			0,048	0,054

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE PS5
-Lunghezza Stendimento m 91

PROFILO					PS5(91)	LOC.MIGLIARA	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	526	219	1			
BRECCE	2,50	1237	538	10			
CALCARI	2,62	2558	1163	19		T1	T2
				30		S=1,2	S=1,35
			VEL EQ	760	TIPO B	1,200	1,35
CATEGORIA	SISMICA				III CAT	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,048	0,054

PROFILO SISMICO DA DOWN-HOLE DH S6
-Profondità del profilo in foro m. 17

PROFILO					DHS6(17)	Largo PARADISO	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	546	228	9			
BRECCE e/o CALCARI FRATTURATI	2,50	1348	586	8			
CALCARI	2,62	2650	1205	13		T1	T2
				30		S=1,2	S=1,35
			VEL EQU	469	TIPO B	1,200	1,35
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION ag	0,048	0,054

PROFILO SISMICO DA DOWN-HOLE DH S7
-Profondità del profilo in foro m. 8

PROFILO					DHS8(8)	Piazzetta BARILE	
MATERIALI	DENSITA'			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	396	165	5			
BRECCE e/o CALCARI FRATTURATI	2,50	1475	641	3			
CALCARI	2,62	2652	1205	22		T1	T2
				30		S=1,2	S=1,35
			VEL EQU	564	TIPO B	1,200	1,350
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION ag	0,048	0,054

4.6.CALCOLO DELLA DESIGN GROUND ACCELERATION CONSIDERANDO GLI SPESSORI DEI TERRENI DI COPERTURA PRESENTI NEL TERRITORIO COMUNALE (SECONDO QUANTO PREVISTO DALL' EUROCODICE 8)

Sono stati calcolati i valori della DGA per i valori degli spessori delle coperture riportati nella Carta degli Spessori dei Terreni di Copertura

I parametri dei litotipi (nella prima colonna delle tabelle successive) velocità e densità sono stati assimilati a quelli presenti nella Località Campo Sportivo.



				ANACAP	COP_ 0-1m		
	DENS			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	1,0			
CALCARI							
FRATTURATI	2,50	1481	644	10,0			
CALCARI	2,62	2667	1212	19,0		T1	T2
				30,0		S=1,00	S=1,00
			VEL EQ	846	TIPO A	1,000	1,000
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,040	0,040

				ANACAP	COP_ 1-2m		
	DENS			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	1,5			
BRECCE e/o							
CALCARI							
FRATTURATI	2,50	1481	644	10,0			
CALCARI	2,62	2667	1212	18,5		T1	T2
				30,0		S=1,00	S=1,00
			VEL EQ	807	TIPO A	1,000	1,000
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,040	0,040

				ANACAP	COP_ 2-4m		
	DENS			3 STRATI			
		VEL P	VEL S	SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	3,0			
BRECCE e/o							
CALCARI							
FRATTURATI	2,50	1328	577	10,0			
CALCARI	2,62	2667	1212	17,0	SPETTRI	T1	T2
				30,0		S=1,2	S=1.35
			VEL EQ	680	TIPO B	1,200	1,350
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,048	0,054

	DENS	VEL P	VEL S	ANACAP 3 STRATI	COP_4-6m		
				SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	5,0			
BRECCE e/o CALCARI FRATTURATI	2,50	1328	577	10,0			
CALCARI	2,62	2667	1212	15,0	SPETTRI	T1	T2
				30,0		S=1,2	S=1.35
			VEL EQ	589	TIPO B	1,200	1,350
CATEGORIA	SISMICA				III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,048	0,054

	DENS	VEL P	VEL S	ANACAP 3 STRATI	COP_6-8m		
				SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	7,0			
BRECCE e/o CALCARI FRATTURATI	2,50	1328	577	10,0			
CALCARI	2,62	2667	1212	13,0		T1	T2
				30,0		S=1,2	S=1.35
			VEL EQ	519	TIPO B	1,200	1,350
					III CAT	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,048	0,054

	DENS	VEL P	VEL S	ANACAP 3 STRATI	COP_>8m		
				SPESS			
COPERTURA	1,48	565	235	9,0			
BRECCE e/o CALCARI FRATTURATI	2,50	1328	577	10,0			
CALCARI	2,62	2667	1212	11,0		T1	T2
				30,0		S=1,2	S=1.35
			VEL EQ	464,2	TIPO B	1,200	1,350
					III	0,040	0,040
					DESIGN GROUND ACCELERATION	0,048	0,054

4.7. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI OTTENUTI CON LE DUE METODOLOGIE: DGA-EUROCODICE 8 e FAD

E' necessario considerare che concettualmente il C , Coefficiente Sismico e la Ground Design Acceleration (DGA) coincidono.

Nel caso del presente lavoro i valori dei due parametri determinati per le stesse località interessate dalle indagini dirette e geofisiche e per le stratigrafie tipo si discostano: si nota che mentre i valori della DGA, ottenuta attraverso il calcolo della V_{s30} e della determinazione tipo di suolo, sono variabili in un intervallo compreso tra 0.040 e 0,048 per lo spettro T1 e 0,040 e 0,054 per lo spettro T2, i valori C calcolati con il FAD, risultano contenuti in un intervallo più ben ampio : tra 0,043 e 0,076.

La discrepanza tra i due risultati si può ascrivere al fatto che la determinazione del FAD come già accennato tiene conto anche del valore massa per unità di volume dei litotipi ed anche dell' effetto della risonanza del pacco di suolo che comporta il verificarsi di un massimo dell' amplificazione sismica in corrispondenza di un ristretto range di frequenze contenute nello spettro del sisma di progetto.

In conclusione si ritiene che sia valido l' utilizzo dei risultati della valutazione del comportamento dei suoli con la nuova metodologia contenuta nell' EUROCODICE 8 , salvo che in fase di Caratterizzazione Sismica di ciascun sito, anche in funzione dell' ope-

ra da realizzare, si consideri attraverso il FAD, quale può essere la massima accelerazione locale in caso di evento sismico.

4.8 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEL TERRENO

A completamento dello studio per la zonazione del territorio in prospettiva sismica, è stata eseguita una valutazione anche nei riguardi del rischio di liquefazione dei terreni.

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con conseguente assunzione di un comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

E' ovvio, quindi, che tale fenomeno, seppure non molto ricorrente, riveste particolare importanza negli studi di pianificazione territoriale in quanto, il suo eventuale verificarsi, provoca danni irreparabili al patrimonio edilizio.

Il decremento della resistenza al taglio dei terreni di fondazione, infatti, fa sì che questi non siano più in grado di sopportare il carico dei manufatti, innescando cedimenti fino a raggiungere un nuovo equilibrio compatibile con le ridotte capacità di resistenza. Qualora il fenomeno interessi versanti con pendenze anche modeste, possono attivarsi scorrimenti di rilevanti volumi di terreno (colate di fango).

La liquefazione può essere indotta dall'applicazione, in condizioni non drenate, di carichi sia monociclici che ciclici. In caso di eventi sismici vengono provocate nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche **S**

verso la superficie. E' per questo motivo che, quasi sempre, la liquefazione è da mettere in relazione al verificarsi di un terremoto.

Numerose ricerche, condotte nelle zone sismiche di tutto il mondo, e basate sull'osservazione del comportamento sia di sottosuoli sabbiosi durante eventi sismici che di elementi di volume durante prove di laboratorio, evidenziano che si possono ritenere potenzialmente interessati dal fenomeno di liquefazione quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- **Grado di saturazione** molto elevato, di solito il fenomeno si verifica per terreni sotto falda.
- **Composizione granulometrica** tipica di una sabbia da fine a media con contenuto di fino (limo) generalmente variabile dallo 0 al 25 % .
- **Stato di addensamento** variabile da poco a mediamente addensato.
- **Profondità dal p.c.**, relativamente basse, di solito < 15 m.
- **Sollecitazioni sismiche e loro durata:** caratterizzate da una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'inizio della liquefazione,
- **Genesi e storia geologica dei terreni;** la modalità di sedimentazione, l'evoluzione delle caratteristiche del deposito, nonché la storia tensionale e deformativa precedente, modificano, infatti, la resistenza alla liquefazione.

Tra le caratteristiche indicate, quelle che influenzano in misura maggiore la resistenza alla liquefazione sono le prime due. E' sufficiente che una di queste non si verifichi perché il rischio di liquefazione si annulli.

L'assenza di falde idriche e le caratteristiche granulometriche dei terreni di copertura, fanno escludere che nell'ambito del territorio comunale si possano sviluppare fenomeni di liquefazione, come comprovato, del resto, dall'elaborazione dei dati delle prove SPT i cui risultati sono riportati in appendice.



4. 9. Carta della zonazione

In base ai dati acquisiti con le indagini svolte ed ai risultati ottenuti dalla loro elaborazione, sono state definite due diverse carte di sintesi della zonazione sismica.

La prima carta (tavola G8) è stata costruita in base alle caratteristiche dei due differenti tipi di suolo individuati nell'ambito del territorio comunale.

La differenziazione è stata ottenuta unicamente in relazione alle caratteristiche dei terreni di copertura, presenti con spessori differenti che hanno portato alla individuazione di aree in cui il parametro V_{s30} è maggiore di 800 m/sec tipico di terreno di "tipo A".

Le aree perimetrate all'interno di questa classe corrispondono essenzialmente alle zone di affioramento del substrato lapideo (calcari) ed a quelle in cui lo spessore dei terreni di copertura è contenuta entro i 5 metri.

Il suolo di "tipo B" corrisponde alle aree in cui la copertura, invece raggiunge valori considerevoli (>5m) in cui il parametro V_{s30} ha valori minori di 800 m/sec.

Le aree perimetrate in tale classe corrispondono essenzialmente a quelle del centro cittadino lungo un allineamento che va da Nord est verso Sud ovest ed alle aree comprese in aree ribassate (Campo Sportivo) in cui l'andamento morfologico del substrato ha consentito l'accumulo di notevoli spessori dei terreni di copertura.

Per ognuno dei due tipi di suolo individuato è stato, inoltre, valutato il fattore di incremento sismico locale e l'accelerazione:

Tipo di suolo	Fattore di incremento sismico	Accelerazione
A	1,00	0,150g
B	1,25	0,1875g

TABELLA 4.11

Per completezza di elaborazione è stata prodotta anche una carta della zonazione in base ai valori del F.A.D., facendo riferimento, in particolare, sia al valore del Fattore di Amplificazione Dinamico sia al valore di C coefficiente di Intensità Sismica.

La determinazione è stata eseguita, come già riportato ampiamente, considerando un modello stratigrafico caratterizzato da

- Formazione Lapidea di Base (calcare) con una velocità V_s di 1212 m/sec
- Strato intermedio, indicato genericamente come breccia, con V_s di 577 m/sec e spessore di 10 m.
- Terreno di copertura terrigeno caratterizzato da V_s di 235 m/sec e da uno spessore variabile da 1 m a >8m.

I risultati ottenuti hanno permesso di identificare sei differenti classi in cui poi è stato suddiviso il territorio comunale caratterizzate dai seguenti parametri:

Spessore Copertura	F.A.D.	c
0 - 1	1,0	0,043
1 - 2	1,8	0,050
2 - 4	3,0	0,057
4 - 6	5,0	0,064
6 - 8	6,5	0,067
> 8	7,5	0,069

TABELLA 4.12

Si ribadisce, infine che la presente zonazione del territorio è definita in funzione delle scelte del PRG e potrà essere utilizzata per scelte progettuali a carattere puntuale solo indicativamente, prescrivendosi, per la circostanza, una verifica puntuale mediante la caratterizzazione sismica del sito.

Sorrento, dicembre 2005



Bibliografia

- I - Carrara E., Rapolla A., Roberti N.: *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo:metodi Geoelettrici e sismici – Collana Geofisica dell'ambiente e del territorio – Liguori Editore 1999.*
- II - Brambati A., Faccioli E. et Alii: *Studio di microzonazione sismica dell'area di Tarcento (Friuli):Regione Autonoma del Friuli,Università degli Studi di Trieste.*
- III - Giordano F.: *Analisi critica e possibili estensioni del metodo di microzonazione sismica di Medvedev.* Annali dell'IUN.
- IV - Giordano F., Latmiral G.: *Risposta in frequenza del suolo e rischio sismico.* Annali dell'IUN, vol.56-57, 1987.
- V - Giordano F., Latmiral G.: *Fundamental Frequency of Sedimentary Layers Sequences, Simulation With Electric Line Sections for Evaluating Seismic Behavior.* ICA Acta 13° International Congress on Acoustic, Yugoslavia, 1989.
- VI - Giordano F., Latmiral G.: *Vibrazioni sismiche e loro amplificazione selettiva ad opera dei sedimenti superficiali.* Annali dell'IUN, vol.57, 1989
- VII - Kobayashi H.: *A method for seismic microzoning maps on the basis of subsoil conditions.* Boll. Geofisica Teorica ed Applicata vol XX, N° 78 Giugno 1978
- VIII - Lombardo G.: *Approach to the seismic microzoning of the area of Librino (Catania, Italy).* Boll. Geofisica Teorica ed Applicata, vol. XXVII N° 105 - Marzo 1985
- IX - Maugeri M., Carruba P., Frenna S.M.: *Frequenze e modi di vibrazione di terreni eterogenei.* Rivista italiana di Geotecnica, Anno XXII, n.3, 1988.

- X - Rapolla A.: *Indagini geosismiche per gli strumenti urbanistici generali ed esecutivi in Campania. Geologia tecnica ed ambientale, anno V, n.4, 1996.*
- XI - Vinale F.: *Caratterizzazione del sottosuolo di un' area campione di Napoli ai fini d'una microzonazione sismica. Rivista italiana di Geotecnica, Anno XXII, n.2, 1988.*
- XII - Vinale F.: *Microzonazione sismica di un'area campione di Napoli. Rivista italiana di Geotecnica, Anno XXII, n.3, 1988.*
- XIII - Dowrick D.J.: *Progettazione antisismica. Hoepli 1982*
- XIV - Castelluccio e Napolitano: *Nuovi dati sulla struttura dell'Isola di Capri. Rend. Soc.Geol.It. n. 12 , 1989*
- XV - A. Croce: *Il sottosuolo della città di Napoli nei riguardi dei problemi geotecnici. A.G.I., 8° Convegno di geotecnica, Cagliari 6-7 febbraio 1967).*
- XVI - A. Ilario: *Su alcuni aspetti idrogeomorfici dell'Area Sorrentina-Amalfitana. Reg. Campania Ass. Urb. E Ass. Territoriale, 1974*
- XVII - Guida, Iaccarino, Lombardi e Vallario: *La frana di M.na Grande di Capri del 21 febbraio 1974. Boll. Soc. Nat. Di Napoli, 1976 vol LXXXV*
- XVIII - Barattolo, Cinque, D'Alessandro, Guida, Romano e Ermolli. *Geomorfologia ed evoluzione tettonica quaternaria dell'Isola di Capri. Estratto da: Studi Geologici Camerti, 1992/1*
- XIX - *Autorità di Bacino del Sarno- Autori Vari: Cartografia Geologica. Progetto CARG*
- XX - A.L.Simonelli: *Eurocodice 8: Valutazione delle azioni sismiche al suolo ed effetti sulla spinta dei terreni. Dipartimento d'Ingegneria, Università del Sannio*