



# COMUNE DI LUCCA

**Sindaco: Pietro Fazzi**

**Assessore all'Urbanistica: Gianluca Ghiglioni**

Assessori: Valter Del Grande, Renzo Del Mugnaio, Luca Leone, Angelo Monticelli, Paolo Marchini,  
Ornella Panier-Bagat, Giovanni Pierami, Olga Pierotti, Domenico Riccio

## **Regolamento Urbanistico approvato con atto C.C. n° 25 del 16/03/2004**

### **Settore Pianificazione Urbanistica, Mobilità e Arredo Urbano**

Dirigente: Arch. Maurizio Tani  
Dott.ssa Ilaria Nardi, Ing. Stefano Angelini, Geom. Mauro Baccarini  
Geom. Marco Della Lunga, Maria Angela Lezzi, Letizia Miliffi

Collaboratori esterni:  
Arch. Elisabetta Biagioni, Arch. Nicoletta Della Nina, Geom. Stefano Petroni

### **Consulenza generale**

Studio Architetti Benevolo

## **VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA** ai sensi del D.M. 14/9/2005 (Norme tecniche per le costruzioni)

### **Settore Pianificazione, Programmazione e Sviluppo del Territorio U.O. 6.1 Strumenti Urbanistici**

Dirigente: Arch. Maurizio Tani

### **Professionisti incaricati:**

Studio Barsanti, Sani e Associati  
Studio Associato Nollodi

## **RELAZIONE TECNICA**

gennaio 2006

**VARIANTE**

**Regolamento Urbanistico**

## INDICE

PREMESSA.....	3
1. METODOLOGIA DI INDAGINE .....	4
1.1. Generalità – Classificazione sismica del territorio comunale .....	4
1.2. Aree indagate .....	11
2. LE CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	13
3. LE CLASSI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	16
3.1. Generalità.....	16
4. FATTIBILITA' SISMICA DELLA VARIANTE .....	20
4.1. Generalità.....	20
5. TIPOLOGIA E LIVELLO DI APPROFONDIMENTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE DI SUPPORTO AL P.U.A. O ALL'INTERVENTO DIRETTO .....	23
5.1. Tipologia delle indagini.....	23
5.2. Livello di approfondimento delle indagini sismiche.....	24

## ALLEGATI

ALL. N° 1 - PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE P ED SH

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEL TERRITORIO  
COMUNALE: QUADRO DI UNIONE - Scala 1:25.000

CARTE DELLE CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE EX D.M. 19  
Settembre 2005 - Scala 1: 10.000

CARTE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA - Scala 1: 5.000

CARTE DELLA FATTIBILITA' SISMICA – Scala 1:5.000

\*\*\*\*\*

## PREMESSA

Per incarico dell'Amm.ne Comunale di LUCCA, sono state effettuate indagini e valutazioni geologico-tecniche di supporto alla valutazione della pericolosità sismica del territorio comunale, finalizzate all'adozione di una Variante al Regolamento Urbanistico approvato con atto di C.C. n. 25 del 16 Marzo 2004 la quale, pertanto, non introduce modifiche al quadro conoscitivo e propositivo del R.U. vigente, ma lo integra solo per gli aspetti sismici.

Lo Strumento Urbanistico Generale (S.U.G.), approvato dal Comune di Lucca ai sensi della L.R. n° 5 del 16/01/95 (*Norme per il governo del territorio*) risulta supportato da indagini geologico-tecniche redatte ai sensi della D.C.R.T. n° 94/85, così come integrate e dettagliate dal Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.), approvato dalla Regione Toscana con D.C.R. n° 12 del 25 gennaio 2000, e dal P.T.C. della Provincia di Lucca, approvato con Delibera C.P. n° 189 del 13/12/2000.

Nonostante il quadro conoscitivo a suo tempo svolto a corredo dello strumento urbanistico generale vigente (pericolosità geomorfologica e pericolosità idraulica) rimanga valido ed attuale, l'inserimento del Comune di Lucca tra le aree classificate sismiche di Zona 3 conseguente la riclassificazione sismica del territorio nazionale operata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, pubblicata sulla G.U. n° 105 dell'8 Maggio 2003, ha reso necessario approfondire anche l'aspetto sismico nel rispetto delle disposizioni di riferimento rappresentate, per l'aspetto pianificatorio, dalla D.C.R.T. n° 94/85 e dal P.T.C.P. di Lucca.

Con Decreto del 14 Settembre 2005, pubblicato sulla GU n. 222 del 23/09/05 sono state inoltre approvate le "*Norme tecniche per le costruzioni*", che recepiscono integralmente, per quanto concerne la definizione delle Azioni sismiche di progetto, l'O.P.C.M. n° 3274/03, la quale offre nuovi spunti per la valutazione della pericolosità sismica del territorio.

Le Norme sono entrate in vigore il giorno 23 Ottobre 2005: a decorrere da tale data, per un periodo transitorio di 18 mesi è consentita la progettazione sia ancora secondo la vecchia normativa sismica (progettazione secondo il metodo delle "tensioni ammissibili" – D.M. 16/01/1996), sia secondo il metodo degli "stati limite" ("Norme tecniche per le costruzioni", O.P.C.M. n° 3274/03, Eurocodice 8 etc.).

Nel rapporto che segue si illustrano la metodologia delle indagini eseguite, gli accertamenti svolti e la definizione della pericolosità sismica del territorio comunale e della conseguente fattibilità degli interventi.

## 1. METODOLOGIA DI INDAGINE

### 1.1. Generalità – Classificazione sismica del territorio comunale

A seguito dell'Ordinanza del Presidente dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, pubblicata sulla G.U. n° 105 dell'8 Maggio 2003, il Comune di Lucca è stato classificato sismico di Zona 3 (corrispondente alla vecchia III Categoria).

Con Decreto del 14 Settembre 2005, pubblicato sulla GU n. 222 del 23/09/05, sono state inoltre approvate le “*Norme tecniche per le costruzioni*” (originariamente definite “Testo Unico”), che recepiscono integralmente, per quanto concerne la definizione delle Azioni sismiche di progetto, l'O.P.C.M. n° 3274/03.

Alla Zona 3 è associato un valore della massima accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, di cui alle *Norme tecniche per le costruzioni*,  $a_g/g = 0,15$  (con  $g$  = accelerazione di gravità).

Più in particolare la massima accelerazione al suolo o Pag (Peak Ground Acceleration) prevista dalla mappa di Pericolosità Sismica dell'I.N.G.V. – 2004 per il Comune di Lucca, vale  $Pag = 0.127 g$ .

In riferimento al comma 2 dell'art. 3.2.2.1. – Zone sismiche delle *Norme tecniche per le costruzioni*, le Zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli che caratterizzano le zone stesse (Zona 1 = 0.35 g, Zona 2 = 0.25 g; Zona 3 = 0.15 g, Zona 4 = 0.05 g) e intervallati da valori non minori di 0.025. I vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di  $a_g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ovvero con tempo di ritorno = 475 anni). Per la zona 3 si avrà pertanto:

Zona	Sottozona (intervallo 0,025 g)	Range accel.	$a_g$ max
3	1	0,050 - 0,075	0,075
	2	0,075 - 0,1	0,100
	3	0,1 - 0,125	0,125
	4	0,125 - 0,15	0,150

Si deduce pertanto che il Comune di Lucca può essere classificato **Sismico di Zona 3 – Sottozona 4.**

Per quanto concerne la pianificazione urbanistica, ai sensi della D.C.R.T. n° 94/85 è necessario integrare la valutazione della pericolosità geomorfologica

anche per gli aspetti sismici: trattandosi di un territorio a bassa sismicità (vecchia III categoria), a rigore il Comune di Lucca potrebbe essere accomunato alla più bassa delle classi in cui la Regione Toscana aveva suddiviso i Comuni classificati sismici di II categoria, cioè la Classe 3, caratterizzata da una accelerazione *convenzionale* massima al suolo  $a_g < 0.2 g$  ( $g$  = accelerazione di gravità) e da un'Intensità massima del terremoto atteso  $I_{max} < 8$ . Per tali comuni, i tipi di effetti che devono essere presi in considerazione secondo la D.C.R.T. n° 94/85 nella valutazione della pericolosità sismica sono: *cedimenti e cedimenti differenziali; frane*.

Tuttavia, il sostanziale cambiamento apportato dalla O.P.C.M. n° 3274/03, con il passaggio dei criteri di progettazione dal metodo delle tensioni ammissibili a quello degli stati limite, che impone la valutazione delle possibilità amplificative del moto sismico per effetti litologici in termini di accelerazione al suolo, rende opportuna anche per il Comune di Lucca una stima in questo senso.

Come anticipato in premessa, è opportuno considerare che, a livello di intervento diretto, le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” impongono la progettazione in zona sismica, lasciando facoltà al Proprietario ed al Progettista, per un periodo transitorio di 18 mesi e cioè fino all'Aprile 2007, di progettare sia secondo la vecchia normativa (progettazione secondo il metodo delle “tensioni ammissibili” – D.M. 16/01/1996), sia secondo il metodo degli “stati limite” (“Norme tecniche per le costruzioni”, O.P.C.M. n° 3274/03, Eurocodice 8 etc.).

Da ciò discende, in questo momento di transizione dalla vecchia alla nuova normativa, lo sforzo fatto di associare alle classi di pericolosità sismica previste dal PTC i criteri di valutazione delle possibilità amplificative definite sia dal D.M. 14/09/05 - *Norme tecniche per le costruzioni*, sia del vecchio D.M. 16/01/96.

La pericolosità sismica locale è la misura dello scuotimento al sito: questo può differire, e di molto, dallo scuotimento di base, in dipendenza delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali.

Solo in questo modo infatti si può spiegare come lo stesso terremoto possa produrre danni anche molto diversificati su edifici di caratteristiche strutturali simili, pur distanti solo poche decine di metri.

La risposta sismica locale è condizionata sia da fattori morfologici, cioè dalla collocazione del sito (valle stretta, cresta, pendio etc.), sia dalla natura dei depositi sollecitati dalla vibrazione sismica: questi infatti amplificano l'accelerazione massima in superficie rispetto a quella che ricevono alla loro base, agendo al contempo da filtro del moto sismico, diminuendone l'energia complessiva ma modificandone la composizione con accentuazione di alcune frequenze e smorzamento di altre. L'amplificazione inoltre sarà tanto più elevata quanto minore è l'impedenza sismica ( $V_s \rho$ ) dei terreni.

L'aumento di ampiezza di una vibrazione al passaggio da un mezzo più rigido ad uno con impedenza minore è d'altronde un fenomeno fisico ben conosciuto, regolato dalla relazione:

$$A_2 = A_1 \frac{2}{1 + \frac{V_2 \rho_2}{V_1 \rho_1}}$$

in cui  $A_1$  è l'ampiezza di un'onda propagantesi verticalmente da un semispazio di densità  $\rho_1$  e nel quale la velocità di propagazione è  $V_1$  ad uno strato con densità  $\rho_2$  e velocità  $V_2$ .

Nella realtà si hanno poi amplificazioni anche maggiori dovute alla sovrapposizione degli effetti di riflessione dalla superficie libera, dalla frontiera tra i due mezzi ed alle riflessioni multiple nello strato a bassa impedenza poggiante su substrato più rigido. La risonanza si ha per  $T = Tr = 4H/nVs$  (con  $n = 1, 3, 5$ ;  $H$  = spessore della copertura e  $Vs$  = velocità del primo strato): pertanto in prima approssimazione, solo dal punto di vista del primo principale modo di vibrazione della copertura, si possono assumere come più soggette ad amplificazione quelle vibrazioni con lunghezza d'onda vicina a 4 volte lo spessore della copertura.

Nel D.M. 16.01.96 la sola norma che prende in considerazione gli effetti locali è il Punto C6: “Coefficiente di fondazione  $\varepsilon$ ”.

Tale coefficiente  $\varepsilon$  è un fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali, per il quale:

*“si assume di regola  $\varepsilon = 1$ . In presenza di stratigrafie caratterizzate da depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 m, soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori, si assumerà per il coefficiente  $\varepsilon$  il valore 1.3.”*

Tale differenziazione, peraltro poco chiara per i non addetti ai lavori, si basa concettualmente sul principio di risonanza appena enunciato e cioè sul fatto che l'assetto superficiale dei terreni ricoprenti il substrato roccioso controlla il fenomeno della risonanza meccanica per frequenze critiche, con esaltazione delle basse frequenze dello spettro all'interno del range di frequenze di interesse ingegneristico.

Infatti lo spettro delle vibrazioni che si trasmettono nelle coperture (secondo la proposta GNDT/CNR 1984) presenta i massimi tra i periodi di 0,1 e 0,8 sec circa, che sono, approssimativamente, i periodi propri di fabbricati di altezza compresa tra 1 e 8 piani. Poiché si ha la risonanza per un periodo proprio del terreno  $To = Tr = 4h/Vs$  (con  $h$  spessore della copertura e  $Vs$  velocità delle onde sismiche trasversali o di taglio), si deduce che il legislatore ha considerato “pericolosa” una

velocità  $V_s$  nelle coperture di circa 100÷200 m/sec, riferibile a depositi alluvionali o detritici da sciolti a poco addensati (molliti ÷ mediamente compatti nel caso di depositi coesivi).

Le norme tecniche allegata all'O.P.C.M. n° 3274/03 hanno invece di fatto indicato la strada da percorrere, almeno per i territori di bassa sismicità come quello di Lucca, per l'individuazione delle aree soggette ad amplificazione sismica.

Infatti per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, nella nuova normativa viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{sh}$  all'interno delle coperture.

I valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro di risposta al sito dovrebbero derivare da accurate indagini di risposta sismica locale: in mancanza di tali studi nelle *Norme tecniche per le costruzioni* si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) *categorie di suolo di fondazione* a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità  $V_{s30}$  (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

- A) ***Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi*** caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B) ***Depositi di sabbie e 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 e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).
- C) ***Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza***, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa).
- D) ***Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti***, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/sec ( $N_{spt} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa).

- E) **Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali**, con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con  $V_{s30} > 800$  m/sec.

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $I_p > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 100$  m/sec.
- S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle classificazioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

(1)

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

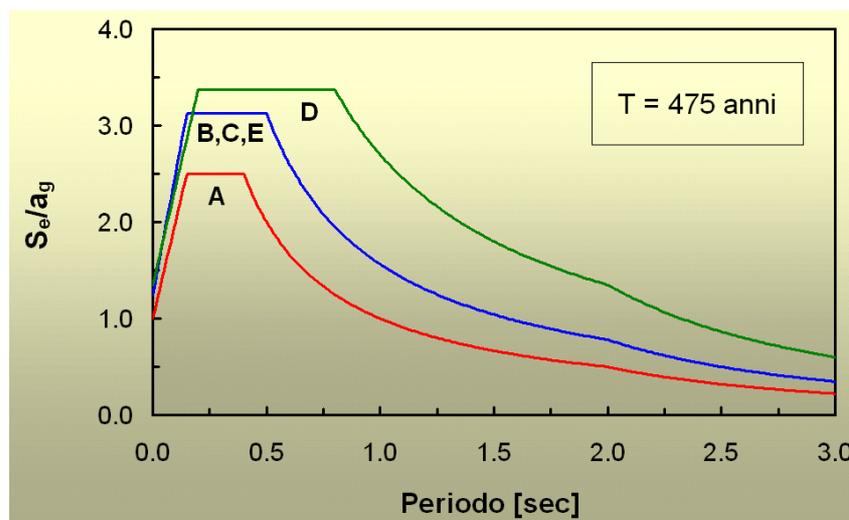
Facciamo tuttavia notare che le suddette valutazioni delle possibilità amplificative sono di tipo monodimensionale e non tengono conto delle caratteristiche morfologiche dei siti, (valli strette, versanti acclivi, creste, cucuzzoli etc.) che possono invece indurre importanti effetti amplificativi, soprattutto a causa dei fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche.

I valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche orizzontali secondo le *Norme tecniche per le costruzioni* sono quelli di seguito indicati:

<b>Categoria di suolo di fondazione</b>	<b>S</b>	<b>T<sub>B</sub></b>	<b>T<sub>C</sub></b>	<b>T<sub>D</sub></b>
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

dove  $S$  è il fattore amplificativo e  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  sono i tempi (durate) relativi ai vari tratti dello spettro di risposta corrispondente a ciascuna categoria di profilo stratigrafico (vedi gli spettri di normativa a pag. 9, riferiti ad un tempo di ritorno di 475 anni).

Dallo specchio e dagli spettri di risposta possiamo desumere che per la categoria tipo A non si ha alcuna amplificazione del moto sismico rispetto allo scuotimento di base ( $s_a/a_g = 1$ ); per le categorie B, C ed E si ha un'amplificazione media, mentre quella tipo D (e ancor più per le categorie tipo S1 ed S2 che non appaiono né in tabella né tra gli spettri) si ha un'amplificazione ancora maggiore.



Generalizzando possiamo inoltre affermare che in situazioni tipo A sono maggiormente sollecitati dal moto sismico gli edifici fino a 4 piani di altezza; in situazioni tipo B,C,E sono quelli fino a 5÷6 piani, mentre in situazioni tipo D sono gli edifici con periodo proprio più lungo (fino a 0.8 sec, cioè fino a 8 piani) a subire il maggiore incremento di accelerazione.

Per l'individuazione del profilo stratigrafico del suolo di fondazione è quindi necessario misurare la velocità  $V_{s30}$ , cosa che può essere ottenuta sia con prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e onde Sh, sia con prospezioni sismiche in foro tipo downhole o crosshole, sia infine, indirettamente dal numero di colpi della prova SPT in fori di sondaggio. Quest'ultima metodologia è comunque fortemente sconsigliata, anche dal Servizio sismico della Regione Toscana, in quanto i valori di correlazione  $N_{spt}/V_s$  sono alquanto dispersi.

Per la misura delle velocità  $V_{s30}$  e la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del territorio comunale si è utilizzata la metodologia sperimentata e adottata nell'ambito del Programma V.E.L. (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana in Garfagnana, Lunigiana e Valtiberina, basata su misure sistematiche degli spessori delle coperture e delle velocità delle onde sismiche trasversali con sismica a rifrazione con onde di taglio SH e prove downhole,

rigidamente codificate da specifici capitolati. La lunghezza della linea per ottenere informazioni certe su uno spessore di 30 m è dell'ordine di 120 m.

Sono state pertanto eseguite un certo numero di prospezioni distribuite sul territorio comunale in modo da avere una copertura sufficientemente estesa in relazione anche alle previsioni urbanistiche.

In base alle velocità  $V_{s30}$  rilevate i vari siti indagati sono stati classificati in una delle 5 tipologie previste dalle *Norme tecniche per le costruzioni*: la classificazione è stata poi estesa all'intero territorio comunale interpolando i dati puntuali ottenuti dalle prospezioni sismiche con i numerosi dati stratigrafici desumibili dalle banche dati degli scriventi.

Fonti particolarmente importanti sono costituite dalla "Carta della Vulnerabilità degli acquiferi" redatta dagli scriventi per conto dell'Amministrazione provinciale di Lucca e la Carta litotecnica delle aree di pianura redatta dallo Studio Nolledi a supporto del Piano Strutturale del Comune di Lucca.

Si sottolinea che la metodologia proposta non costituisce una microzonazione sismica in senso stretto: questa infatti necessita di approfondimenti sismologici e sismici di impegno economico ben più elevato, con definizione dell'accelerogramma di riferimento (terremoto di progetto), effettuazione di indagini geotecniche dinamiche per la valutazione del fattore di smorzamento del terreno e degli altri parametri geomeccanici, misura della velocità delle onde S ed infine valutazione dell'amplificazione locale con modelli monodimensionali o bidimensionali tipo Shake, Quad etc..

Le misure di  $V_s$  eseguite per il presente lavoro potranno in ogni caso essere utilizzate per valutazioni del reale fattore amplificativo locale, cioè per confrontare il reale spettro di risposta al sito con quello previsto dalla normativa in base alla categoria di suolo di fondazione rilevato.

La metodologia proposta è quindi una sorta di microzonazione semplificata, applicabile essenzialmente a territori di bassa sismicità come quello di Lucca, in grado sia di permettere la redazione di cartografie adeguate alle normative regionali e provinciali (D.C.R.T. n° 94/85 e P.T.C.P.), sia, soprattutto, di offrire agli Amministratori ed ai Progettisti uno strumento di lettura del territorio immediato in relazione alle prescrizioni delle *Norme tecniche per le costruzioni*.

E' evidente che tale metodologia si adatta bene ai territori di pianura e laddove esistono informazioni geologiche e geotecniche sufficienti a garantire l'uniformità di comportamento dei depositi e delle varie formazioni geologiche sotto il profilo sismico, e quindi l'estrapolabilità del dato sismico rilevato agli intorni significativi: il processo diviene ovviamente più critico nelle aree collinari e montuose, dove le eterogeneità stratigrafiche e di rigidità sismica dei terreni

possono essere elevate, specie in presenza di coperture detritiche di spessore difficilmente valutabile a priori, in assenza di indagini specifiche.

Nella cartografia allegata l'attribuzione certa della categoria di profilo stratigrafico è limitata ad un intorno significativo dell'area indagata, mentre il rimanente è presunto sulla base delle informazioni stratigrafico-geotecniche disponibili.

Ovviamente lo studio sismico e la relativa cartografia non possono essere considerati esaustivi, basandosi su un limitato numero di profili sismici in ambiti ritenuti geologicamente omogenei: l'indagine costituisce quindi un primo screening territoriale che dovrà essere via via integrato ed aggiornato attraverso l'acquisizione di nuovi dati derivanti dalle indagini di supporto ai Piani Urbanistici Attuativi o da progetti di privati. In quest'ottica appare auspicabile un aggiornamento almeno annuale della cartografia.

## 1.2. Aree indagate

Sono state realizzate 20 prospezioni sismiche, elencate nella tabella A, delle quali 17 sono localizzate in contesto di pianura o fondovalle mentre le restanti 3 sono distribuite sui rilievi collinari. Nella tabella A sono indicati, oltre il numero identificativo dell'area oggetto di variante, anche la motivazione della localizzazione dell'indagine. Le prospezioni sono state eseguite dalla Geoprove di Paolo Sani, Pietro Barsanti & C. S.a.S.: per la metodologia esecutiva e di elaborazione si rimanda allo specifico rapporto di cui all'All. n° 1.

TABELLA A

<b>N° AREA</b>	<b>Località</b>	<b>Motivazione</b>
<b>1</b>	S. Pietro a Vico	Prev. Urbanistiche (produttivo)
<b>2</b>	S. Pietro a Vico	Prev. Urbanistiche (produttivo)
<b>3</b>	Nozzano	Prev. Urbanistiche (attrezzature)
<b>4</b>	Fagnano	Prev. Urbanistiche (produttivo)
<b>5</b>	Sorbano del Giudice	Prev. Urbanistiche (terziario)
<b>6</b>	Nave	Prev. Urbanistiche (attrezzature)
<b>7</b>	SS. Annunziata	Prev. Urbanistiche (residenziale)
<b>8</b>	Antraccoli	Prev. Urbanistiche (attrezzature)
<b>9</b>	Ponte a Moriano	Prev. Urbanistiche (produttivo)
<b>10</b>	S. Martino in Vignale	Ricerca dati su area in frana
<b>11</b>	S. Donato	Prev. Urbanistiche (area cimit.)
<b>12</b>	S. Maria a Colle	Prev. Urbanistiche (residenziale)
<b>13</b>	S. Maria del Giudice	Prev. Urbanistiche (residenziale)
<b>14</b>	S. Lorenzo a Vaccoli	Prev. Urbanistiche (residenziale)

<b>15</b>	Torre	Prev. Urbanistiche (residenziale)
<b>16</b>	Arsina	Prev. Urbanistiche (residenziale)
<b>17</b>	S. Anna	Prev. Urbanistiche (attrezzature)
<b>18</b>	Cappella Alta	Ricerca dati su litologia rocciosa
<b>19</b>	S. Filippo	Prev. Urbanistiche (attrezzature)
<b>20</b>	Gignano di Brancoli	Ricerca dati su litologia rocciosa

Sono state inoltre utilizzate, n° 4 prospezioni sismiche a rifrazione realizzate a supporto di una prima variante al R.U. (del. C.C. n° 104 del 18/11/2004) in corrispondenza delle seguenti aree:

- 1) S. Alessio – Via di Piaggia
- 2) S. Vito – Scuola elementare
- 3) Arancio – Pubblici Macelli
- 4) S. Filippo – Via di Tempagnano

più una quinta, realizzata ma non utilizzata, sita in loc. S. Angelo.

A queste vanno aggiunte le seguenti prospezioni, effettuate per conto del Comune di Lucca o Società controllate:

- 1) Mutigliano – Cimitero
- 2) S. Michele di Moriano – Cimitero
- 3) Vicopelago – Scuola Elementare
- 4) Montuolo – Scuola Elementare

E' stato infine tenuto conto di dati provenienti da varie prospezioni sismiche a rifrazione e prospezioni tipo downhole effettuate per conto di privati.

## 2. LE CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

Per quanto concerne il calcolo di  $V_{s30}$ , effettuato secondo la relazione (1), si è considerato che la fondazione dei futuri fabbricati sia appoggiata un metro sotto la superficie attuale del terreno. In base ai risultati ottenuti si sono desunte le seguenti categorie di profilo stratigrafico:

<b>N° AREA</b>	<b>Velocità media <math>V_{s30}</math></b>	<b>Categoria di suolo di fondazione</b>
<b>1</b>	445÷506	B
<b>2</b>	449÷488	B
<b>3</b>	185÷208	C
<b>4</b>	314÷324	C
<b>5</b>	345÷383	C ( $\Rightarrow$ B)
<b>6</b>	289÷314	C
<b>7</b>	373÷377	B
<b>8</b>	412÷423	B
<b>9</b>	908÷943	E
<b>10</b>	529÷716	E
<b>11</b>	275÷278	C
<b>12</b>	239÷295	C
<b>13</b>	352÷385	C ( $\Rightarrow$ B)
<b>14</b>	600÷605	B
<b>15</b>	782÷893	A
<b>16</b>	421÷484	B
<b>17</b>	404÷405	B
<b>18</b>	995÷1842	A
<b>19</b>	348÷410	B ( $\Rightarrow$ C)
<b>20</b>	973÷1560	A

Per le prospezioni effettuate in precedenza e riprese ad integrazione, vengono riportate le categorie di profilo stratigrafico già definite.

In sostanza il territorio del Comune di Lucca contempla i seguenti profili stratigrafici:

1. **profili stratigrafici di tipo A**, corrispondenti alle zone di versante con affioramento o subaffioramento del bedrock sano, (“Arenaria macigno”: area n. 20 – “Flysch ad Elmintoidi”: area n. 18), caratterizzate da velocità  $V_{s30} \geq 800$  m/sec (nessuna amplificazione del moto sismico);

2. **profili stratigrafici di tipo B o C**, corrispondenti alle zone di pianura caratterizzate da potenti coltri alluvionali recenti o antiche o di origine fluviolacustre con velocità delle  $V_{s30}$  comprese rispettivamente tra 360÷800 m/sec e 180÷360 m/sec (media amplificazione del moto sismico).
  
3. **profili stratigrafici di tipo E**, corrispondenti alle zone di versante o di fondovalle caratterizzate da coltri di alterazione, detritiche o alluvionali a bassa velocità delle  $V_{sh}$  (inferiore a 360 m/sec), di spessore compreso tra 5 e 20 m, sovrastanti il bedrock ad elevata velocità delle  $V_{sh}$  ( $\geq 800$  m/sec) (media amplificazione del moto sismico). Si tenga presente che le fasce tipo E cartografate al contatto tra gli affioramenti rocciosi dei rilievi collinari ed i depositi alluvionali e/o fluviolacustri non hanno un significato geometrico preciso: stanno semplicemente ad indicare la possibilità di una laminazione del deposito alluvionale o fluviolacustre al di sopra del bedrock fino a rientrare nello spessore critico (5÷20 m), con passaggio dalla categoria tipo B o C alla categoria tipo E. Si consideri inoltre che, ai sensi della D.C.R.T. n° 94/85, queste fasce sono le uniche zone in cui possono verificarsi cedimenti differenziali, sia pure modesti, sotto scuotimento sismico. Sono state attribuite alla categoria E anche le coperture detritiche e le frane quiescenti, anche se in molti casi si potrebbe eccedere lo spessore massimo di 20 m indicato per questa categoria di suolo di fondazione.

Per quanto attiene invece la vecchia normativa (D.M. 16/01/96, adottabile fino al prossimo 23 Aprile 2007) ed il coefficiente di fondazione  $\varepsilon$ , volendo tener conto delle indicazioni fornite dal Servizio Sismico della Regione Toscana nell'ambito dei progetti di adeguamento sismico degli edifici definiti "strategici" (scuole etc.), si consiglia di adottare la seguente correlazione tra il coefficiente stratigrafico S della O.P.C.M. n° 3274/03 ed il coefficiente  $\varepsilon$  del D.M. 16/01/96:

<b>Categorie di suolo di fondazione</b>	<b>Fattore amplificativo S</b>	<b>Coefficiente di fondazione <math>\varepsilon</math></b>
A	1,0	1,0
B, C	1,25	1,15
E	1,25	1,3
D	1,35	1,3

Per quanto concerne invece l'amplificazione sismica causata da fattori topografici, nelle *Norme tecniche per le costruzioni* si afferma che i coefficienti amplificativi S possono assumere anche valori superiori in funzione delle condizioni morfologiche del sito (inclinazione dei pendii, dimensione dei cigli etc.).

Nella vecchia normativa (D.M. 16/01/1996) non si fa riferimento alle condizioni morfologiche del sito: pertanto, tenendo conto anche dei risultati finora disponibili del progetto VEL sui fattori amplificativi nei punti collocati su pendio, si raccomanda anche per le costruzioni su pendio l'adozione di coefficienti di fondazione adeguatamente maggiorati.

Il potenziale di liquefazione dei terreni sotto scuotimento sismico, fenomeno che può verificarsi in terreni sabbiosi monogranulari sotto falda limitatamente ai primi 10÷15 m dalla superficie del terreno a causa della progressiva riduzione delle tensioni efficaci, può in prima analisi essere definito, salvo accertamenti specifici in sede di intervento diretto, da basso a nullo nei territori caratterizzati dalla Categoria di suolo di fondazione tipo C ed E, nullo in quelli caratterizzati da profilo stratigrafico tipo B. Infatti solo nei terreni tipo C ed E possono essere presenti livelli sabbiosi sciolti potenzialmente liquefacibili sotto scuotimento sismico: si tenga tuttavia presente che Jamiolkowsky ed Altri – 2004 affermano che non sono mai stati osservati fenomeni di liquefazione per terreni caratterizzati da  $V_s > 200$  m/sec (che rappresentano la maggior parte dei casi esaminati) con terremoti di magnitudo  $M=7.5$ , cioè di molto superiore alla magnitudo attesa per il territorio di Lucca (Zona 3), valutabile in  $M = 4\div 5$ . In sede di intervento diretto sarà comunque necessaria una valutazione puntuale del potenziale di liquefazione, particolarmente nei depositi di tipo C ed E.

Analogamente non si ravvedono situazioni litologico-stratigrafiche (terreni prevalentemente sabbiosi a granulometria eterogenea molto sciolti e/o depositi di terreni con caratteristiche fisico-meccaniche particolarmente scadenti) tali da poter determinare apprezzabili cedimenti del suolo per fenomeni di addensamento sotto scuotimento sismico: sono invece possibili modesti cedimenti differenziali nei casi in cui si passi dal bedrock rigido ad una copertura detritica e/o alluvionale molto sciolta (fascia tipo E precedentemente descritta). In sede di intervento diretto sarà quindi necessaria una valutazione accurata dello spessore e della consistenza della copertura, con eventuale spostamento del fabbricato in progetto o l'adozione di tipologie fondazionali particolari.

### 3. LE CLASSI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

#### 3.1. Generalità

Ai vari tipi di pericolosità geomorfologica già riconosciuti nel R.U. vigente si aggiunge, con il presente studio, anche quella sismica individuata con la sigla alfabetica **t**.

Il quadro complessivo aggiornato delle varie tipologie di pericolosità mappate dal R.U. è riportato nella tabella che segue.

Intensità della pericolosità		Tipo di Pericolosità				
		Franosità	Dinamica-Torrentizia	Subsidenza	Geotecnica	Sismica
<i>Irrilevante</i>		<b>1g</b>	-	-	-	-
<i>Bassa</i>		<b>2g</b>	-	-	<b>2l</b>	-
<i>Media</i>	<i>Medio-bassa</i>	<b>3ag</b>	<b>3d</b>	<b>3s</b>	-	<b>3t</b>
	<i>Medio-alta</i>	<b>3bg</b>				
<i>Elevata</i>		<b>4g</b>	<b>4d</b>	-	-	<b>4t</b>

Per quanto concerne la pericolosità sismica del territorio comunale, riportata nelle TAVV. “CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA” è opportuno premettere, anzi ribadire, che i livelli energetici in gioco, ovvero le massime accelerazioni attese, sono tali da non determinare nel territorio comunale situazioni particolarmente pericolose, né in relazione all’amplificazione per effetti litologici, né in relazione all’amplificazione per effetti morfologici: riprendendo la classificazione del territorio comunale, Zona 3 – Sottoclasse 4 (con accelerazione massima di base  $a_g/g = 0,127$ ), ed applicando il massimo coefficiente amplificativo  $S = 1.25$  competente alle categorie di suolo di fondazione individuate (B, C, E), si ottiene infatti una massima accelerazione in superficie  $a_g/g = 0,159$ , ovvero si supera di poco il massimo previsto per la Zona 3, entrando nella più bassa delle Sottoclassi della Zona 2 (Sottoclasse 1, accelerazione compresa tra 0.15 e 0.175 g).

In linea di principio le situazioni che possono comportare fenomeni amplificativi locali, indicate come ZMPSL (Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale) nelle Istruzioni Tecniche allegate al Programma V.E.L. della Regione Toscana, sono quelle di seguito riportate (sono state escluse le situazioni di amplificazione per fattori litologici, individuate nella tabella successiva).

<b>Tipologia delle situazioni</b>	<b>Possibili effetti</b>
Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti Zona caratterizzata da movimenti franosi non-attivi o zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana <sup>1</sup>	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (depositi poco addensati, terreni che includono uno strato di argille e/o limi con spessore >10 m, riporti estesi e con spessore elevato)	Cedimenti diffusi
Zone con terreni di fondazione granulari fini con acqua superficiale	Possibili fenomeni di liquefazione
Zona di ciglio H > 10m (scarpata con parete sub-verticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo e/o di scarpata di erosione) Zona di cresta rocciosa e cocuzzolo	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici
Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti e sistemi di fratturazione	Amplificazione differenziata del moto del suolo, cedimenti, meccanismi di focalizzazione delle onde

Ragionando in termini di Intensità macrosismica o di Magnitudo, è opportuno tuttavia precisare che nel territorio del Comune di Lucca possiamo attenderci terremoti con  $I_{max} = VI \div VII$  e corrispondente Magnitudo =  $4.6 \div 5.1$ , ovvero livelli energetici molto bassi, insufficienti a determinare deformazioni permanenti del suolo o fenomeni di liquefazione dei depositi sabbiosi sotto falda.

Per quanto concerne più in particolare l'amplificazione dovuta a fattori stratigrafici si associano alle categorie di suolo di fondazione individuate nel territorio del Comune di Lucca le seguenti classi di pericolosità:

<b>Categoria di suolo di fondazione</b>	<b>Fattore amplificativo S</b>	<b>Classe di pericolosità sismica</b>	<b>Grado</b>
A	1,0	assorbita dalla classe 2g o sup.	Bassa
B, C, E	1,25	3t	Media

<sup>1</sup> si intendono come zone potenzialmente franose: roccia intensamente fratturata su pendii acclivi o tagli artificiali e "coperture" su pendii a diversa pendenza in funzione della tipologia dei materiali presenti.

In conclusione, sulla base degli indirizzi forniti dal P.T.C., tenuto conto delle differenziazioni introdotte dalle *Norme tecniche per le costruzioni* e delle indicazioni del Programma V.E.L. limitatamente alle situazioni riscontrabili sul territorio comunale, il grado di pericolosità può essere determinato in conformità alla seguente tabella:

<b>Categoria</b>	<b>Classe</b>	<b>Pericolosità</b>	<b>Caratteri</b>
<b>B,C,E</b>	<b>3t</b>	<b>MEDIA</b>	<u>Aree non interessate da fenomeni attivi</u> , suscettibili, per costituzione geologico-stratigrafica e/o morfologica (creste, cucuzzoli, bordi di terrazzo, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse etc.), di subire fenomeni di moderata amplificazione della sollecitazione sismica di base, senza deformazioni permanenti del suolo, salvo modesti cedimenti differenziali al contatto tra litotipi di caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. Coefficiente amplificativo $S = 1.25$ (o superiore, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 14/09/05, Coefficiente di fondazione $\varepsilon = 1.15$ per le categorie B,C, $\varepsilon = 1.3$ solo per la categoria E (o superiori, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 16/01/96
<b>-</b>	<b>4t</b>	<b>ALTA</b>	<u>Aree interessate da fenomeni attivi</u> . Aree non interessate da fenomeni attivi ma al limite dell'equilibrio (pendii rocciosi acclivi fratturati) suscettibili di distacco di massi sotto scuotimento sismico.

Si tenga presente che alcune aree sono state classificate 3t in relazione alla condizione morfologica del sito (bordi di terrazzo, creste, cucuzzoli, valli strette etc.) o alla presenza di discontinuità tettoniche (faglie, sovrascorrimenti) piuttosto che per la categoria di profilo stratigrafico individuata.

Le zone di cresta sono state individuate geometricamente in forma automatica attraverso un'applicazione di Arcview GIS, imponendo la ricerca delle zone caratterizzate da larghezze al colmo  $\leq 20$  m e pendenza dei versanti opposti adiacenti la cresta  $\geq 30^\circ$ , come suggerito nella letteratura specifica.

Per le zone di bordo è stata valutata geometricamente, sempre attraverso Arcview GIS, una fascia di larghezza  $\geq 10$  m: tuttavia nei casi specifici individuati essa non viene evidenziata in cartografia in quanto la classe di pericolosità corrispondente (3t) è la medesima di quella derivante dalla categoria di suolo di fondazione.

Per i contatti tettonici s.l. (faglie, sovrascorrimenti etc.) è stata cartografata una fascia di 20 m di larghezza a cavallo della discontinuità: anche in questo caso tale fascia non ha un significato geometrico preciso, ma piuttosto sta ad

indicare la necessità, in sede di indagini di supporto all'intervento diretto, di un maggior livello di attenzione.

La Classe 4 t discende esclusivamente dalle condizioni morfologiche critiche individuate (frane attive e pendii rocciosi acclivi con possibilità di crollo di massi), non essendo state rilevate categorie di profilo stratigrafico (tipo D o S1) tali da determinare elevate amplificazioni del moto sismico, o terreni suscettibili di liquefazione o di addensamento. Le aree di pendio roccioso acclive con possibilità di crollo di massi sono state delimitate, sempre attraverso Arcview GIS, ricercando i versanti con pendenza  $\geq 45^\circ$  su affioramenti rocciosi stratificati (calcere maiolica, Flysch ad Elmintoidi etc.): la classe di pericolosità 4t è estesa anche alle aree a valle delle zone acclivi fino al fondovalle, ove sussiste pericolo di rotolamento e rimbalzo dei massi.

In assenza di dati certi sul collaudo delle opere di bonifica eventualmente realizzate, tutte le frane classificate attive nella carta geomorfologica del R.U vigente sono state inserite in classe di pericolosità 4t. Nei casi di frane con interventi di bonifica realizzati e collaudati è tuttavia ammesso un declassamento automatico alla classe di pericolosità 3t.

## 4. FATTIBILITA' SISMICA DELLA VARIANTE

### 4.1. Generalità

La Carta della fattibilità sismica, al pari di quella geomorfologica ed idraulica, rappresenta una carta di sintesi nella quale viene espresso il grado di fattibilità, in questo caso dal punto di vista sismico, delle trasformazioni previste dalla variante. Essa nasce dalla sovrapposizione della Carta della Pericolosità sismica su quella delle destinazioni d'uso del territorio discriminate nei seguenti tre gradi di esposizione:

GRADO DI ESPOSIZIONE	BENI E/O SOGGETTI ESPOSTI
<b>BASSO</b>	Componenti territoriali non adibibili ad utilizzazioni comportanti presenza continuativa ovvero temporanea ma frequente di persone: caccia; pesca; attività escursionistiche, ricreative, d'osservazione e di studio; ricoveri connessi alle attività escursionistiche; strutture connesse alla ordinaria coltivazione del suolo, alle attività selvicolturali, alle attività di pascolo, alla zootecnia, alla itticoltura; magazzini; depositi a cielo aperto; impianti scoperti per la pratica sportiva; piscine scoperte ad uso privato; pertinenze varie quali garage, tettoie, ripostigli, e simili; mobilità pedonale; mobilità meccanizzata in elementi di viabilità locale.
<b>MEDIO</b>	Componenti territoriali adibibili ad utilizzazioni comportanti bassa densità di presenza continuativa ovvero temporanea ma frequente di persone: attività estrattive; lavorazione degli inerti; parchi urbani e territoriali; abitazioni rurali; abitazioni ordinarie o artigianato o esercizi commerciali di vicinato o pubblici esercizi in edifici isolati in territorio non urbano; impianti coperti per la pratica sportiva in edifici isolati in territorio non urbano; mobilità meccanizzata in elementi di viabilità locale; attrezzature tecnologiche a rete e puntuali di rilevanza locale, e simili.
<b>ALTO</b>	Componenti territoriali adibibili ad utilizzazioni comportanti elevata densità di presenza continuativa o temporanea di persone: territorio urbano in generale (comprese le aree ad organizzazione morfologica specialistica per la produzione e/o l'erogazione di beni o servizi); consistenti strutture insediative extraurbane abitative, per la produzione e/o l'erogazione di beni o servizi (attività produttive agro-industriali, manifatture, medie e grandi strutture di vendita, centri commerciali, attività ricettive, strutture per l'istruzione, culturali, ricreative, religiose, sanitarie ed assistenziali, cimiteriali); mobilità ferroviaria e meccanizzata in elementi di viabilità sovralocale oppure locale ma di interesse strategico; attrezzature tecnologiche a rete e puntuali di rilevanza sovralocale, e simili.

In ottemperanza alle disposizioni contenute nel P.T.C. della Provincia di Lucca, le quali dettagliano quelle regionali vigenti, la fattibilità, come si è visto anche per la pericolosità, viene espressa a mezzo di codifica alfanumerica, in cui il numero rappresenta la classe (da 1 a 4) e la lettera la problematica relativa, il cui significato generale, con riferimento alle sole problematiche realmente esistenti sul territorio comunale, è sintetizzato nelle tabelle sotto riportate:

Numero	Classe
1	Fattibilità senza particolari limitazioni
2	Fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto.
3	Fattibilità condizionata
4	Fattibilità limitata

La metodologia impiegata agevola anche l'utilizzo di una matrice di correlazione (*pericolosità-intervento* ⇒ *fattibilità*) finalizzata alla definizione della fattibilità di tutti gli interventi che quella previsione, a livello di R.U., permette.

L'introduzione di una nuova tipologia di pericolosità, quella sismica, ha reso quindi necessario integrare la carta della fattibilità del Regolamento Urbanistico vigente, integrandola con le classi di fattibilità sismica come da tabella che segue.

L'inserimento della nuova classe di fattibilità 3tt rispetto allo schema di indirizzo del P.T.C., deriva essenzialmente dal fatto che la classe di pericolosità 3t, in relazione al basso livello energetico dello scuotimento sismico atteso per il territorio comunale di Lucca, non dà mai luogo a limitazioni delle previsioni urbanistiche e, conseguentemente, per definizione, non ne può derivare una classe di fattibilità 4t.

In conseguenza della modifica di cui sopra si è reso necessario, al fine di rendere organica la successione delle classi, modificare, senza variazioni di sostanza, anche le fattibilità 4tt e 4t che diventano quindi nel R.U. rispettivamente 4t e 4tt.

Pericolosità	Esposizione	Fattibilità	Limitazioni (1) e prescrizioni
<b>3t</b>	<b>BASSA</b>	<b>3t</b>	Nessuna limitazione. Indagini di approfondimento, condotte a norma del D.M. 11/03/88 e delle <i>Norme tecniche per le costruzioni</i> , richieste sia nel caso di intervento diretto che di piano attuativo.
	<b>MEDIA</b>		Interventi diretti abilitabili soltanto se supportati da valutazioni del rischio effettivo e dal progetto di massima degli interventi finalizzati alla mitigazione del rischio stesso (2).
	<b>ALTA</b>	<b>3tt</b>	<u>Possibili alcune limitazioni</u> (3). Indagini di approfondimento, condotte a norma del D.M. 11/03/88 e delle <i>Norme tecniche per le costruzioni</i> , richieste sia nel caso di intervento diretto che di piano attuativo. Piani attuativi approvabili soltanto contestualmente all'approvazione della progettazione di massima degli interventi finalizzati alla mitigazione del rischio (2); interventi diretti abilitabili soltanto contestualmente all'approvazione della progettazione esecutiva degli interventi finalizzati alla mitigazione del rischio (2).
<b>4t</b>	<b>BASSA</b>	<b>4t</b>	<u>Forti limitazioni</u> . Nelle aree interessate da frana consentiti soltanto gli interventi di bonifica dei movimenti franosi ed in genere gli interventi finalizzati a ridurre la vulnerabilità degli edifici e/o delle opere esistenti e/o il grado di pericolosità derivante da caratteri morfologici (riduzione altezza scarpate, livellazioni, spianamenti). Nelle aree di pendii rocciosi acclivi con possibilità di crollo di massi consentiti gli attraversamenti da parte di opere infrastrutturali lineari, previa progettazione e realizzazione dei necessari interventi di consolidamento e/o di bonifica finalizzati alla messa in sicurezza delle opere medesime.
	<b>MEDIA</b>	<b>4tt</b>	
	<b>ALTA</b>		

## NOTE

(1) Limitazioni alla previsione negli strumenti di pianificazione comunali di trasformazioni, fisiche e funzionali, che comportino aumenti del grado di rischio rispetto all'esistente realizzato.

(2) Mitigazione del rischio a mezzo di interventi incidenti sulla vulnerabilità: accorgimenti costruttivi, fondazioni speciali, bonifiche e/o miglioramenti dei terreni di fondazione, strutture dimensionate per azioni sismiche orizzontali maggiorate come segue: Nuova normativa sismica (D.M. 14 Settembre 2005 - *Norme tecniche per le costruzioni*): coefficiente amplificativo  $S = 1.25$  (o superiore, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) per le categorie di profilo stratigrafico B, C ed E; vecchia normativa sismica (D.M. 16/01/1996)  $\varepsilon = 1.15$  (o superiore, in funzione della morfologia del sito) per le categorie di profilo stratigrafico B e C,  $\varepsilon = 1.3$  (o superiore, in funzione della morfologia del sito) per la categoria di profilo stratigrafico E.

(3) Nel caso specifico la limitazione non è riferita alla "previsione urbanistica", bensì all'adozione di certe tipologie costruttive.

La cartografia della presente variante di adeguamento riprende e coordina anche i valori di pericolosità e di fattibilità sismica proposti nella precedente variante al RU (del. C.C. 104/2004).

## 5. TIPOLOGIA E LIVELLO DI APPROFONDIMENTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE DI SUPPORTO AL P.U.A. O ALL'INTERVENTO DIRETTO

### 5.1. Tipologia delle indagini

Gli approfondimenti di indagine previsti sia a livello di Piano Attuativo che a livello di intervento diretto dovranno essere condotti a norma del D.M. 11/03/88 e/o delle *Norme tecniche per le costruzioni*, nel rispetto delle “*Linee Guida per la redazione delle Indagini Geologiche e Geotecniche*” dell’Ordine dei Geologi della Toscana e delle “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*” dell’Associazione Geotecnica Italiana.

Le indagini saranno commisurate all’importanza dell’opera in progetto ed alla complessità della situazione geologico-stratigrafica e geotecnica locale e, per quanto concerne gli aspetti sismici, dovranno valutare con maggiore attenzione le situazioni che possono comportare fenomeni amplificativi locali, indicate come ZMPSL (Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale) nelle Istruzioni Tecniche allegate al Programma V.E.L. della Regione Toscana, oltre a definire la “Categoria di suolo di fondazione” ex D.M. 14 Settembre 2005.

Per quanto attiene la tipologia delle indagini geotecniche sismiche e geofisiche, queste dovranno essere condotte secondo le Istruzioni Tecniche del Programma V.E.L. della Regione Toscana (scaricabili dal sito <http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/index.htm>).

In particolare, per la determinazione delle  $V_{s30}$  e la definizione della “Categoria di suolo di fondazione” è necessaria la misura diretta in sito, attraverso le seguenti metodologie di indagine:

- prospezioni sismiche a rifrazione con onde di volume P ed Sh
- prospezioni sismiche in foro di sondaggio tipo downhole o crosshole
- prospezioni sismiche tipo downhole in foro di prova penetrometrica (“cono sismico”)
- prospezioni sismiche con onde superficiali (onde Raleigh) tipo SASW e MASW

E’ sconsigliata la derivazione delle  $V_{s30}$  dal numero di colpi della prova di penetrazione standard (SPT) o dal valore della coesione non drenata  $c_u$ .

E' parimenti sconsigliato, secondo le indicazioni della Regione Toscana, il ricorso a metodi basati sull'analisi delle onde superficiali con tecniche passive ("microtremori" - "rumore ambientale").

Per le indagini in generale, con riferimento alle già citate Linee Guida dell'Ordine dei Geologi della Toscana ed alla Direttiva n. 11 del Piano di Bacino Stralcio "Assetto Idrogeologico" del Fiume Serchio, si sottolinea che l'uso del penetrometro dinamico tipo leggero o medio (massa battente da 20 o 30 kg, altezza di caduta 20 cm) è ammesso solo nel caso sia dimostrata l'impossibilità di fare uso di altra strumentazione per motivi tecnico – logistici.

In tal caso si deve utilizzare il penetrometro dinamico leggero-medio con le dovute cautele e con spirito critico (evitando correlazioni empiriche tra il numero di colpi e i valori di angolo di attrito interno e/o di coesione non drenata, che non hanno alcun valore scientifico), limitandosi a fornire una valutazione qualitativa dei terreni ed eventualmente una stima del campo di variabilità dei parametri geotecnici.

## **5.2. Livello di approfondimento delle indagini sismiche**

La "Carta delle Categorie di Suolo di Fondazione" rappresenta per il Proprietario ed il Progettista dell'opera lo strumento per la preventiva caratterizzazione del sito sotto il profilo sismico e per l'impostazione della progettazione: per ultimo, ma non ultimo, la Carta consente di evitare approfondimenti di indagine che andrebbero a gravare eccessivamente sul cittadino, in rapporto al valore delle opere, nel caso di costruzioni modeste.

Si propone pertanto il seguente schema:

a) Adeguamenti di altezze, piccoli ampliamenti di fabbricati per civile abitazione, commerciali, artigianali ed industriali; fabbricati per civile abitazione fino a 2 piani di altezza e/o di superficie  $\leq 100$  mq; fabbricati commerciali, artigianali ed industriali fino a 7 m di altezza e/o di superficie  $\leq 100$  mq: non è richiesta l'indagine geofisica in sito, si può fare riferimento alla Carta delle Categorie di Suolo di Fondazione e della Pericolosità sismica, eventualmente valutando la corrispondenza tra Categoria di suolo di fondazione desunta dalla Carta e  $V_{s30}$  stimata dalle indagini geotecniche in sito (CPT, DPSH, Nspt). Nei territori di collina o montagna caratterizzati da formazioni litoidi affioranti o subaffioranti, è comunque necessario il controllo e l'accertamento dello spessore della copertura detritica, il quale discrimina tra l'attribuzione alla Categoria di suolo di fondazione "A", nel caso di spessore  $\leq 5$  m, ed una delle altre Categorie (più frequentemente "E", ma possibile anche "B"), nel caso di spessore  $> 5$  m.

b) fabbricati per civile abitazione di altezza superiore a 2 piani e/o di superficie  $> 100$  mq, fabbricati commerciali, artigianali e industriali di altezza superiore a 7 m e/o di

superficie > 100 mq: sono necessari accertamenti geofisici in sito con misura della  $V_{s30}$ .

c) fabbricati “strategici” e “rilevanti”: sono necessari accertamenti geotecnici sismici e geofisici di dettaglio con misura della  $V_{s30}$  (sondaggi, prelievo campioni ed eventuali analisi dinamiche, prospezioni sismiche di superficie ed in foro tipo downhole, etc.).

Per i Piani Urbanistici Attuativi sono necessari accertamenti geofisici quando la previsione urbanistica è riferibile ai casi b) e c), mentre negli altri casi (cambi destinazione d’uso, piccoli ampliamenti etc.) si può fare riferimento alla Carta delle Categorie di Suolo di fondazione, con i necessari controlli diretti.

\*\*\*\*\*

Lucca, 24/01/06

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI SANI & ASSOCIATI

STUDIO ASSOCIATO NOLLEDI

Dr. Pietro Barsanti

Dr. Gerardo Nolledi