

Presentazione del numero speciale della rivista, dedicato agli studi di microzonazione sismica di Castelnuovo Garfagnana (Lucca)

Questo numero speciale della Rivista Italiana di Geotecnica raccoglie il frutto del lavoro svolto da un gruppo multidisciplinare di ricercatori e di tecnici che, operando nell'ambito del programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana, è pervenuto alla microzonazione sismica (ground motion) del comune di Castelnuovo Garfagnana (LU). Il programma VEL ha come riferimento legislativo la Legge Regionale n. 56 del 30.07.1997, che prevede interventi sperimentali di prevenzione per la riduzione del rischio sismico, e riguarda l'area della Garfagnana e della Lunigiana, classificata sismica dal 1927, comprendente 32 comuni e almeno 80 più significativi centri urbani dei circa 500 esistenti con una popolazione complessiva di 100.000 abitanti ed un patrimonio edilizio realizzato per il 40% dopo il 1946. I 32 Comuni dell'area sono tutti classificati in II Categoria ($S=9$). Il programma prevede un contributo economico della Regione Toscana verso i Comuni in funzione del rischio sismico (probabilità di eccedenza dell'intensità dell'VIII grado della scala Mercalli Modificata) e l'adesione dei Comuni al programma anche attraverso un co-finanziamento compreso tra il 25 e il 30%. Al programma VEL hanno aderito 28 comuni e saranno oggetto di indagine tutti i capoluoghi ed altri 20 centri urbani significativi. Ciò comporta la concertazione istituzionale con gli enti locali e il coinvolgimento nel progetto dei tecnici comunali, utilizzatori dei risultati. Lo strumento che ha consentito la gestione del programma è il gruppo di coordinamento, istituito e coordinato dalla Regione Toscana e che ha coinvolto, oltre ai rappresentanti della comunità scientifica nazionale (di seguito indicati in dettaglio) come consulenti, l'Ordine dei Geologi della Toscana.

La Regione Toscana ha coordinato ed indirizzato le attività, al fine di una concreta sperimentazione, finalizzata anche a valutare oggettivamente i risultati in termini di costi e benefici, per un'ottimizzazione della programmazione successiva delle indagini su altri centri urbani.

Si vuole altresì sottolineare la volontà della Regione Toscana di acquisire le caratteristiche dei terreni sui quali risulta costruito il centro urbano nelle varie epoche di espansione (dal centro storico per lo più di origine medioevale ai modesti ampliamenti dei secoli successivi fino alle espansioni più recenti) e non quelle delle aree limitrofe non urbanizzate; ciò comporta di operare all'interno del centro urbano, dovendo fare riferimento ai pochi spazi aperti disponibili ed alla presenza di viabilità e di reti tecnologiche e di servizio che costituiscono difficoltà all'applicazione di talune indagini. Gli obiettivi sono stati quindi quelli di:

- concentrare le indagini ed i rilievi nei centri urbani più significativi in termini di esposizione al rischio sismico;*
- mettere a confronto più metodologie di indagini per valutare le differenze non solo in termini di risultati e di attendibilità in relazione alle varie situazioni stratigrafiche incontrate ma anche sotto il profilo delle difficoltà di attuazione di tipo logistico e dei costi;*
- mettere a confronto più approcci di modellazione numerica per valutare diversi aspetti dell'amplificazione locale (non-linearità, amplificazione stratigrafica, effetti 2D);*
- valutare più approcci per la determinazione dell'input sismico (probabilistico e deterministico).*

Le attività sono state avviate progressivamente nel tempo al fine di poter tenere conto dell'esperienza e dei risultati acquisiti ed introdurre, laddove opportuno, i necessari correttivi. La gradualità ha consentito anche un diverso coinvolgimento dei consulenti.

In quest'ottica sono stati avviati nel giro di alcuni mesi (inizio 1999/in corso) il rilievo geologico a scala 1:2.000 e le indagini geofisiche a rifrazione con onde P in quasi tutti i comuni della Lunigiana.

Inizialmente le attività si sono concentrate su 4 centri urbani della Garfagnana (inizio 1999/in corso) considerati "campione" per tutte le fasi di lavoro, dal rilievo di campagna, alla programmazione ed esecuzione delle indagini geofisiche e geotecniche, fino alla modellazione. In questi centri sono state sperimentate sullo stesso sito, più tipologie di indagini geofisiche (rifrazione, SASW, Down-Hole), al fine di analizzare la corrispondenza dei parametri ottenuti con le diverse metodologie di indagine e per fare una valutazione in merito ai valori da utilizzare nella modellazione numerica. Sugli stessi siti già oggetto di indagine è stata sperimentata (inizi 2000) la sismica a rifrazione con onde SH ridefinendo altresì quella in onde P.

La buona corrispondenza dei risultati ottenuti tra la sismica a rifrazione con onde SH, nella tipologia dei terreni analizzati, e le altre indagini geofisiche in foro ha consentito di programmare ed avviare (metà 2000/in corso) una campagna di indagini di sismica a rifrazione con onde SH e P nelle altre località previste dal Programma VEL della Garfagnana ed in quelle non ancora avviate della Lunigiana.

In questo modo, supportati dalle informazioni ricavate dalle cartografie geologiche, sarà possibile:

- *limitare le indagini più sofisticate ed onerose come sondaggi e relative down-hole solo a siti dove permangono dubbi sulla stratigrafia o dove, in relazione alle unità litologico-tecniche investigate, mancano parametri per la modellazione numerica (prelievo di campioni indisturbati);*
- *verificare in tutte le aree indagate gli spessori delle varie unità litologico-tecniche e determinare le velocità delle onde di taglio per estrapolare alle aree i parametri di amplificazione ottenuti con la modellazione numerica su verticali (analisi monodimensionali) o sezioni (analisi bidimensionali).*

Al momento, tenendo conto di alcuni profondi cambiamenti operati, l'obiettivo regionale prioritario è quello di completare entro il 2001 su tutti i centri urbani l'attività di programmazione ed esecuzione delle indagini geofisiche superficiali (sismica a rifrazione con onde SH e P) al fine di consentire una redazione sufficientemente accurata della cartografia di tipo geologico. Su tale base geologica saranno individuate le situazioni più significative, le sezioni sulle quali impostare la modellazione e la programmazione delle indagini geotecniche.

Contemporaneamente, il completamento delle analisi e della valutazione degli effetti locali sugli altri centri urbani campione consentirà alla Regione di determinare la tipologia di indagini ed affinare la programmazione delle attività.

Quindi solo in un secondo tempo sarà ripresa la campagna di sondaggi per il prelievo dei campioni e l'esecuzione di prove geofisiche in foro e geotecniche in laboratorio, per consentire di acquisire dati e parametri utili alla modellazione.

Tale fase sarà accompagnata dal completamento della banca dati di tipo geotecnico e geofisico e della cartografia informatizzata, che consentirà di organizzare e gestire organicamente tutti i dati acquisiti.

Altresì si procederà alla fase delle modellazioni, non prima di aver messo a punto le metodologie di valutazione della pericolosità di base e dell'input sismico ed aver definito i criteri per estrapolare i risultati delle analisi all'intera area del centro urbano.

La giunta Regionale ha deciso alla fine del 2000, di estendere il programma VEL anche ai Comuni del Mugello, Valtiberina ed Amiata. Le relative attività sono state avviate alla fine del 2001 con risorse economiche derivanti da fondi europei (per le aree produttive) e con ulteriori risorse regionali.

La scelta strategica della Regione Toscana, nello sviluppo del programma VEL, è stata quindi quella di voler confrontare differenti metodologie sia per quel che concerne le indagini che per ciò che riguarda le analisi.

Tale scelta scaturisce anche dalla constatazione che le metodologie disponibili in questo campo non sono sufficientemente consolidate e univocamente accettate e ha lo scopo di confrontare i risultati, i limiti ed i costi che i diversi approcci comportano.

Il programma delle attività VEL, in parte completato e in parte tuttora in corso si è articolato nelle seguenti fasi:

- *elaborazione da parte della Regione Toscana di Istruzioni Tecniche per la redazione della cartografia geologica, geomorfologica e litologico-tecnica e per l'esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche;*
- *l'individuazione delle aree oggetto di indagine d'intesa con i Comuni, dei principali centri urbani;*
- *realizzazione di cartografie geologiche geomorfologiche e litologico tecniche di dettaglio (scala 1:2.000-1:5.000) a cura di professionisti locali e/o sulla base di specifiche convenzioni da stipulare con docenti di geologia delle Università Toscane;*
- *esecuzione di indagini geofisiche preliminari mediante sismica a rifrazione con onde P e SH;*
- *esecuzione di indagini geotecniche (prove di laboratorio cicliche su campioni indisturbati prelevati nel corso di sondaggi geotecnici) e di ulteriori indagini geofisiche più accurate (prove Down-hole, Sasw) ai fini di completare la determinazione dei parametri necessari per l'analisi di risposta sismica delle sezioni prescelte;*
- *definizione del modello del sottosuolo, dell'input sismico con approccio probabilistico ed esecuzione dell'analisi di risposta sismica;*
- *definizione dei parametri (spettri di risposta e fattori di amplificazione) da fornire ai comuni per la progettazione di nuovi edifici e per gli interventi di adeguamento e miglioramento sugli edifici esistenti;*
- *realizzazione di un banca dati geografica (GIS) dei dati acquisiti con le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche da mettere a disposizione dei comuni e dei professionisti.*

Le Istruzioni Tecniche sono state emanate in una prima versione nel 1998, e nel corso dell'attività sono state oggetto di alcune modifiche ed integrazioni. La seconda edizione è stata approvata nel maggio 2001.

L'input sismico è stato definito per l'area di studio mediante approccio probabilistico.

La modellazione numerica è stata eseguita con diversi codici di calcolo, basati su approcci diversi (SHAKE, ONDA, QUAD4M), per i Comuni di Castelnuovo G.na, Piazza al Serchio e per l'area dell'ospedale di Pontremoli.

La banca dati è ancora in fase sperimentale ed al momento è stata realizzata solo per il Comune di Castelnuovo G.na.

Lo scopo di questo lavoro è quello di fornire ai lettori un esempio ben documentato di microzonazione sismica, finalizzata alla definizione del moto sismico, evidenziando:

- *la metodologia seguita con i suoi pregi e limiti;*
- *l'interdisciplinarietà di questo tipo di studi;*
- *le peculiarità del caso presentato;*
- *le lezioni che da questo studio si possono apprendere;*
- *l'importanza e l'uso pratico dei risultati ottenuti.*

Come è noto, gli studi di microzonazione sismica hanno lo scopo di fornire gli strumenti per un uso razionale del territorio, a piccola scala, al fine di ridurre il rischio sismico entro limiti ritenuti accettabili. Nel caso particolare, l'attività di studio era tesa a fornire alle autorità locali uno strumento per la pianificazione urbanistica, la determinazione delle azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per l'adeguamento di quelle esistenti.

Il gruppo di studio comprendeva la Regione Toscana, il Dip.to di Ingegneria Strutturale e Geotecnica del Politecnico di Milano, l'Istituto per la Riduzione del Rischio Sismico del CNR di Milano, Dip.to di Scienze Geologiche e Geotecnologiche dell'Università Bicocca di Milano, il Dip.to di Ingegneria Strutturale e Geotecnica del Politecnico di Torino, il Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Chieti ed il Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Pisa. Complessivamente il gruppo godeva di varie competenze: ingegneristiche (engineering seismology, strutturale e geotecnica), geologiche e geofisiche.

Le competenze urbanistiche, necessarie per l'attuazione pratica dei risultati delle indagini e delle analisi realizzate, sono state fornite dalle autorità locali (Comuni) con le quali il gruppo di studio ha interagito anche per tutti gli aspetti logistici legati alle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche.

Vale la pena richiamare che il progetto VEL riguarda circa 50 centri urbani della Garfagnana-Lunigiana, tra i quali Castelnuovo G.na rappresenta unicamente un esempio, forse quello meglio documentato.

Precedentemente alla presente pubblicazione, la Regione Toscana, in collaborazione con il CISM di Udine, ha promosso delle giornate di incontro, che hanno avuto luogo a Lucca nel maggio e novembre 2000, per la divulgazione dei risultati conseguiti nell'ambito del progetto VEL a tecnici pubblici e privati.

Per una maggiore facilità di lettura si ritiene opportuno fornire alcuni brevi cenni sui contenuti dei lavori:

- *il lavoro di Cancelli, D'Amato Avanzi, Pochini e Puccinelli si occupa della geologia e morfologia dell'area di studio;*
- *il lavoro di Calosi e Luzi è dedicato alla creazione di una banca dati informatica di natura interdisciplinare il cui utilizzo è descritto anche nei successivi lavori;*
- *il lavoro di Foti et al. è dedicato alle indagini geotecniche e geofisiche e alla definizione dei parametri del terreno per le analisi di risposta sismica;*
- *il lavoro di Lo Presti et al. è dedicato alla definizione dell'accelerogramma di riferimento su roccia, ai risultati delle analisi e ai criteri adottati per l'estensione dei risultati ottenuti all'intero territorio;*

Gli studi di microzonazione sismica non seguono una metodologia consolidata, anche perchè è in atto una continua evoluzione delle conoscenze su tale argomento. La metodologia adottata dal gruppo di lavoro non è l'unica possibile e ci si augura pertanto che la presente pubblicazione apra una discussione critica costruttiva tra gli addetti ai lavori e non. D'altro canto, le informazioni raccolte sono affette da un certo grado di incertezza che è possibile ridurre a determinati costi. Ciò premesso appare legittimo riflettere su quanto è perfezionabile o migliorabile nell'intero processo seguito. A questo proposito si ritiene opportuno concludere questa presentazione menzionando alcuni problemi che meritano di essere approfonditi in futuro:

- *l'estensione dei risultati provenienti da indagini eseguite su poche verticali o sezioni all'intero territorio e la valutazione della variabilità spaziale dei parametri;*
- *la caratterizzazione meccanica dei depositi alluvionali a grana grossa attraverso l'esecuzione di prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento;*
- *la valutazione degli effetti geometrici e cinematici bi e tridimensionali con particolare attenzione alla struttura geologica sepolta;*
- *il monitoraggio in foro e mediante rete di superficie dell'attività sismica come verifica "sperimentale" delle analisi.*

Guest Editors

Diego Lo Presti (Politecnico di Torino)

Maurizio Ferrini (Regione Toscana)

Presentation of the special issue of the journal dedicated to the seismic micro-zoning for ground motion of Castelnuovo Garfagnana (Lucca, Italy)

This special number of the Rivista Italiana di Geotecnica (Italian Geotechnical Journal) presents the fruits of the work that was carried out by a multi-disciplinary research group of experts which, working as part of the VEL programme (Valutazione Effetti Locali – Evaluation of Site Effects) of the Regione Toscana (Tuscany Region), obtained the seismic micro-zoning for ground motion of the Castelnuovo Garfagnana Municipality (Lucca, Italy). The VEL programme has Regional Law no. 56 of 30.07. 1997 as legislative reference. This law foresees experimental prevention interventions for the reduction of seismic risks and concerns the Garfagnana and Lunigiana area, which was classified as being seismic in 1927. This area includes 32 municipalities and at least 80 of the most significant urban centres of the about 500 that exist, with an overall population of 100.000 inhabitants and a building patrimony, constructed after 1946, of 40%. The 32 municipalities in the area are all classified as Category II (S = 9). The programme foresees an economic contribution made by the Tuscany Region to the Municipalities in function of the seismic risk (probability of exceeding the intensity VIII of the Modified Mercalli Scale) and the adhesion of the Municipalities to the programme through a co-financing of between 25 and 30%. A total of 28 municipalities have taken part in the VEL programme and all the main towns and another 20 significant urban centres will be the subjects of investigations. This means a strict cooperation between Regione Toscana and municipalities and the involvement of the technical staff of the municipalities, who is the end user of the results, in the project. The management of the programme was made possible thanks to the co-ordination group, set up and co-ordinated by the Regione Toscana and which involved not only the representatives of the national scientific community (later named in detail) as consultants, but also the Tuscany Order of Geologists.

The Regione Toscana co-ordinated and guided the activities, to obtain an actual experimentation, with the purpose of objectively evaluating the results in terms of costs and benefits, for the optimisation of the programming of the investigations in other urban centres, in a subsequent phase of the project.

It is also important to underline the wishes of the Regione Toscana to acquire the characteristics of the soil deposits on which the urban centre results to be constructed during the various eras of expansion (from the historical centre mostly of Medieval origin to the modest enlargements of the following centuries up to more recent expansions) and not those of the surrounding non urbanised areas; this means working inside the urban area, having to refer to the few open spaces that are available and to the presence of roads and lifelines which leads to difficulties in the application of some investigations. The objectives were therefore to:

- concentrate the investigations and surveys on the most significant urban centres, in terms of exposure to seismic risks;*
- compare several investigation methods in order to evaluate the differences not only in terms of results and reliability in relation to the various encountered stratigraphic situations but also from the point of view of the cost and of the logistic difficulties;*
- compare different numerical modelling approaches in order to evaluate the various aspects of local amplification (non-linearity, stratigraphic amplification, 2D effects);*
- evaluate several approaches to determine the seismic input (probabilistic and deterministic).*

The activities were gradually started up so as to be able to take into consideration the acquired experience and results and to introduce, where considered opportune, the necessary corrections.

This graduality also allowed different involvement of the consultants.

Following the above-illustrated general lines, the geological survey, at a scale of 1:2.000, and the P wave refraction geophysical investigations were started in almost all the Lunigiana municipalities at the beginning of 1999. Such activities are still under way.

At the beginning the activities were concentrated on 4 urban centres of the Garfagnana area (started in 1999/under way) which were considered "samples" for all the activities, from the field survey to the programming and carrying out of the geophysical and geotechnical investigations, up to the modelling. Several types of geophysical investigations (seismic refraction, SASW, Down-Hole) were performed on the same site in order to compare the parameters that were obtained using the different investigation methods and in order to select the most appropriate values to use in the numerical analyses. At the beginning of 2000, seismic refraction (SH waves) has been performed at the same sites already investigated by means of P wave refraction tests. These additional tests gave the opportunity to verify the results previously obtained by means of P waves.

The good agreement of the results that were obtained, in the investigated areas, from the seismic refraction with SH waves and the other geophysical investigations in boreholes led to the programming and starting up (the middle of 2000/under way) of a seismic refraction investigation campaign with SH and P waves in the other localities foreseen in the VEL programme for the Garfagnana area and in those not yet started in the Lunigiana area.

In this way, thanks to the information obtained from the detailed geological maps (scale 1:2000), it will be possible to:

- limit the more sophisticated and burdensome investigations such as geotechnical boreholes and down-holes tests to only those sites where there are doubts on the stratigraphy or where parameters are missing for the numerical modelling in relation to the investigated lithological-technical units (retrieving of undisturbed samples for laboratory testing)
- determine, for all the investigated areas, the thickness of the various lithological-technical units and their shear wave velocities in order to extrapolate the stratigraphic and topographic amplification factors, obtained from 2D and 1D analyses carried out on few sections or soil columns, to the whole territory under study.

At the moment, taking into consideration some profound changes that have taken place, the main regional objective is that of programming and performing the surface geophysical investigations (seismic refraction with SH and P waves) for all the urban centres before the end of the year 2002 in order to obtain sufficiently accurate geological maps. The most significant situations, the sections on which to perform numerical analyses and the programming of the geotechnical investigations will then be identified on this geological basis.

At the same time, the completion of the analysis and the evaluation of the local effects on other sample urban centres, will allow the Region to determine the type of investigations to carry out and improve the programming of the activities. It will therefore only be at a subsequent stage that geotechnical (laboratory tests on undisturbed samples retrieved from boreholes) and geophysical (down-hole tests) investigations will be resumed, in order to allow the acquisition of data and parameters that will be useful for the modelling.

This stage will be accompanied with the completion of the geotechnical and geophysical data-base and of the computer-based cartography which will allow the organic organisation and management of all the data acquired.

The modelling stage will also be started, but not before having set up the evaluation methods of the basic hazards and of the seismic input and the criteria to extrapolate the results of the numerical analyses to the entire urban centre area.

At the end of the year 2000, the Regional Council decided to extend the VEL programme to the Mugello, Valtiberina and Amiata Municipalities. The related activities started at the end of 2001 with economic resources derived from European Community funds (for productive areas) and with other regional resources.

The main point of the politics of the Regione Toscana in developing the VEL programme was therefore the wish to compare different methodologies both for the investigations and for the analysis. This decision also arose from the awareness that the methodologies that are available in this field are not sufficiently consolidated nor univocally accepted and had the purpose of comparing the results, the drawbacks and the costs of the different approaches.

The programme of the VEL activities, which have in part been finished and in part are still under way, can be divided into the following stages:

- elaboration by the Regione Toscana of guidelines (Istruzioni Tecniche) for the drawing up of thematic maps (geological, geomorphological and lithological-technical) and for geotechnical and geophysical investigations;
- identification of the areas that will be subjected to the investigations in agreement with the local authorities of the main urban centres;
- preparation of detailed geological, geomorphological and lithological-technical cartographies (1:2.000-1:5.000 scale) by local professionals and/or on the basis of specific conventions that will be drawn up with professors of geology at the Università toscane (Tuscany Universities);
- carrying out preliminary geophysical investigations by means of P and SH wave seismic refraction;
- carrying out geotechnical investigations (cyclic laboratory tests on undisturbed samples, retrieved from geotechnical boreholes) and further more accurate geophysical investigations (Down-hole tests, SAWS) in order to complete the determination of the necessary parameters for the site response analysis;
- definition of the soil-model parameters, of the seismic input with a probabilistic approach and carrying out the site response analysis;
- definition of the parameters (response spectrum and amplification factors) to supply to the Municipalities for the design of new buildings and for the retrofitting of the existing constructions;
- creation of a GIS-based data-base of the information obtained from the geological, geotechnical and geophysical investigations which will be made available to the municipalities and professional figures.

The Istruzioni Tecniche were issued in a first version in 1998 and, during the works, have undergone some modifications and integrations. The second edition was approved in May 2001.

The seismic input was defined for the area under study using the probabilistic approach.

The numerical modelling was carried out using different calculation codes, based on different approaches (SHAKE; ONDA; QUAD4M) for the Municipalities of Castelnuovo G.na, Piazza al Serchio and for the Pontremoli hospital area.

The data-base is still in an experimental stage and at the moment has only been prepared for the Castelnuovo G.na Municipality.

The purpose of this work is that of supplying the readers with a well documented example of seismic micro-zoning for ground motion while highlighting:

- the methodology that was followed with its good points and bad points;
- the interdisciplinary of this type of study;
- the particularities of the presented case;
- the lessons one can learn from this particular case;
- the importance and practical use of the obtained results.

As it is known, seismic micro-zoning has the purpose of supplying instruments for a rational use of the territory, at a small scale, in order to reduce the seismic risk to within acceptable limits. In this particular case, the study activities were aimed at supplying the local authorities with an instrument for urban planning, the determination of design seismic forces for new constructions and the retrofitting of existing buildings

The study group includes the Regione Toscana, the Department of Structural & Geotechnical Engineering of the Politecnico di Milano (Milan), the Institute for the Reduction of Seismic Risks of the National Research Council (CNR – Milan) the Department of Geological and Geotechnological Sciences of the Bicocca University (Milan), the Department of Structural & Geotechnical Engineering of the Politecnico di Torino (Turin), the Department of Earth Sciences of the University of Chieti and the Department of Earth Sciences of the University of di Pisa. The group had the overall advantage of a variety of competences: engineering (seismology, structural and geotechnical engineering), geological and geophysical.

The urban competences, which are necessary for the practical use of the investigation results and the analyses that were carried out, were supplied by the local authorities (the Municipalities) with which the study group interacted for all the logistical aspects connected to the geological, geophysical and geotechnical investigations. It is worthwhile recalling that the VEL project concerns about 50 urban centres of the Garfagnana-Lunigana area,

among which Castelnuovo G.na only represents an example, though perhaps the one that has been best documented.

Before the present publication, the Regione Toscana, in collaboration with the CISM of Udine, organised a workshop which took place in Lucca in May and November 2000 with the purpose of spreading the results that were obtained during the VEL project to both public and private experts.

It has been considered opportune to offer some brief outlines on the contents of the work for a greater comprehension:

- the work by Cancelli, D'Amato Avanzi, Pochini and Puccinelli concerns the geology and morphology of the studied area;
- the work by Calosi and Luzi is dedicated to the creation of an inter-disciplinary information data base whose use has also been described in the subsequent works;
- the work by Foti et al. is dedicated to the geotechnical and geophysical investigations and to the definition of the soil parameters for the seismic response analyses;
- the work by Lo Presti et al. is dedicated to the definition of the seismic input at the bed-rock, to the results of the analyses and to the criteria that was adopted for the extension of the obtained results to the entire territory.

The seismic micro-zoning studies do not follow a consolidated method because there is a continuous evolution of the knowledge of such subjects. The methodology that was adopted by the work group is not the only possible one and it is therefore hoped that this publication will lead to a critical but constructive discussion between those who are involved in the field and others. On the other hand, the information that has been collected is subject to a certain degree of uncertainty that can be reduced to certain costs. If all this is true it would appear legitimate to reflect on what can be perfected or improved in the entire process that was followed. As far as this is concerned, it has been considered opportune to conclude this presentation mentioning some of the problems that deserve to be dealt with in more detail in the future:

- the extension of the results obtained from the investigations that were carried out for a few soil columns or sections to the entire territory and the evaluation of the spatial variability of the parameters;
- the mechanical characterisation of coarse-grained alluvial deposits by means of laboratory testing, performed on undisturbed samples retrieved by means of in situ freezing;
- the evaluation of the 2D-3D geometric and kinematic effects with particular attention to the deep geological structure;
- the monitoring in boreholes and through surface networks of the seismic activity as an "experimental" verification of the analyses.

Guest Editors

Diego Lo Presti (Politecnico di Torino)

Maurizio Ferrini (Regione Toscana)