



ISTITUTO NAZIONALE di GEOFISICA e VULCANOLOGIA

*Gruppo
Nazionale
per la **Difesa**
dai **Terremoti***



*Programma
Quadro
2000-2002*

Prodotti attesi

Editing a cura di:

Dott. Geol. Giuseppe Di Capua
Segreteria Tecnico-Scientifica del GNDT
e-mail: g_dicapua@ingv.it

Programma Quadro 2000-2002 – Prodotti attesi
Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2004, 147 pp.

Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti
via Nizza, 128 – 00198 Roma
Tel. +39-6-855082032 – Fax +39-6-855082007
e-mail: web_gndt@ingv.it
Sito web: <http://gndt.ingv.it>

Luglio, 2004

SOMMARIO

INTRODUZIONE	7
PROGETTI FINANZIATI	11
TEMA 1	17
Introduzione	19
Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico	21
Scopo del Progetto	21
Prodotti attesi	22
Uno Studio per la Valutazione della Pericolosità derivante da Processi Geologici Sottomarini nei Mari Italiani: Terremoti, Maremoti e Frane	31
Scopo del Progetto	31
Prodotti attesi	32
Determinazione dello stile di deformazione e dello stato di sforzo dell'arco calabro	37
Scopo del Progetto	37
Prodotti attesi	38
SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani	41
Scopo del Progetto	41
Prodotti attesi	42
Revisione dei fondamenti teorici e sperimentali delle stime di hazard a scala nazionale	53
Scopo del Progetto	53
Prodotti attesi	54
TEMA 2	61
Introduzione	63
Sviluppo e confronto di metodologie per la valutazione della pericolosità sismica in aree sismogenetiche: applicazione all'Appennino Centrale e Meridionale	65
Scopo del Progetto	65
Prodotti attesi	66
TRAIANO - Progetto per la stima e riduzione della vulnerabilità dell'ambiente costruito	71
Scopo del Progetto	71
Prodotti attesi	72
Analisi di scenario nella Liguria occidentale e soluzioni per la conservazione dei centri storici	83
Scopo del Progetto	83
Prodotti attesi	84
Scenari dettagliati e provvedimenti finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbana di Catania	93
Scopo del Progetto	93
Prodotti attesi	94
Scenari di danno nell'area veneto-friulana	105
Scopo del Progetto	105

Prodotti attesi _____	106
TEMA 3 _____	109
Introduzione _____	111
VIA - Riduzione della vulnerabilità sismica di sistemi infrastrutturali e ambiente fisico _____	113
Scopo del Progetto _____	113
Prodotti attesi _____	113
TEMA 4 _____	121
Introduzione _____	123
Progettazione di reti di monitoraggio e allarme in aree marine prospicienti zone ad elevato rischio sismico. Prima realizzazione di un nodo nella Sicilia Orientale _____	125
Scopo del Progetto _____	125
Prodotti attesi _____	126
Edu-Risk 2002 - Educazione al terremoto: un itinerario nella riduzione del rischio _____	135
Scopo del Progetto _____	135
Prodotti attesi _____	136
Vulnerabilità dei centri storici e dei beni culturali _____	139
Scopo del Progetto _____	139
Prodotti attesi _____	140
EduSeis: un sismografo didattico come strumento per la formazione e la sensibilizzazione sul rischio sismico _____	145
Scopo del Progetto _____	145
Prodotti attesi _____	146

INTRODUZIONE

Questo documento rappresenta un resoconto dettagliato sui prodotti che saranno resi disponibili al termine dei progetti GNDT-INGV, finanziati dal Dipartimento della Protezione Civile (DPC).

Le attività di ricerca sono in fase di conclusione e nei giorni 27, 28 e 29 settembre 2004, i coordinatori si incontreranno singolarmente con il Comitato di Valutazione dei Referees per un confronto sui risultati conseguiti da ogni progetto al termine del triennio di attività.

La Direzione del GNDT, con la stretta e pronta collaborazione di tutti i coordinatori dei progetti che in questi anni hanno partecipato alle attività di ricerca, ha inteso fornire una sintesi sui prodotti di immediata fruibilità per il Committente (DPC).

Il documento, predisposto sulla base di schede compilate dai coordinatori, vuole anche fornire al DPC e alla Presidenza dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia una traccia per l'impostazione dei possibili sviluppi futuri delle attività di ricerca nel campo della mitigazione del rischio sismico.

Il presente rapporto è stato strutturato in modo da fornire una puntuale e chiara informazione sui singoli prodotti che ciascun progetto produrrà. I contributi pervenuti dai coordinatori sono stati raggruppati per Tema di ricerca. Dopo una breve descrizione degli obiettivi previsti nel progetto, viene descritto ciascun prodotto atteso, viene data indicazione del formato di divulgazione e della sua finalità per gli scopi di protezione civile.

Come si evincerà dalla lettura del rapporto, i risultati conseguiti al termine del triennio sono di grande importanza, superiori per quantità e qualità a quelli raggiunti nel precedente triennio.

Si sottolinea l'alto grado di integrazione che in alcuni progetti è stato conseguito dalle componenti geologiche, geofisiche, sismologiche ed ingegneristiche, che hanno portato al raggiungimento di eccellenti contributi per l'impostazione, sia su scala locale che nazionale, di politiche di prevenzione e riduzione del rischio sismico.

Questa interdisciplinarietà, da sempre elemento unico e caratteristico del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, mai, come in alcuni dei progetti attualmente finanziati, ha trovato una così ampia ed organica applicazione.

Il Direttore del GNDT
Prof. Claudio Eva

PROGETTI FINANZIATI

Tema 1**Valutazione del rischio sismico del patrimonio abitativo a scala nazionale**

- 1. *Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico***

Coordinatore: Dott. Alessandro Amato e Dott. Giulio Selvaggi

- 2. *Uno studio per la valutazione della pericolosità derivante da processi geologici sottomarini nei mari italiani: terremoti, maremoti e frane***

Coordinatore: Dott. Andrea Argnani

- 3. *Determinazione dello stile di deformazione e dello stato di sforzo dell'arco calabro***

Coordinatore: Prof. Riccardo Barzaghi

- 4. *SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani***

Coordinatore: Prof. Mauro Dolce e Prof. Giulio Zuccaro

- 5. *Revisione dei fondamenti teorici e sperimentali delle stime di hazard sismico a scala nazionale***

Coordinatore: Prof. Paolo Gasperini

Tema 2**Simulazione di eventi sismici e scenari di danno in aree urbane**

- 6. *Sviluppo e confronto di metodologie per la valutazione della pericolosità sismica in aree sismogenetiche: applicazione all'Appennino centrale e meridionale***

Coordinatore: Dott. Massimo Cocco

- 7. *TRAIANO – Progetto per la Stima e Riduzione della Vulnerabilità dell'Ambiente Costruito***

Coordinatore: Prof. Edoardo Cosenza

8. *Analisi di scenario nella Liguria occidentale e soluzioni per la conservazione dei centri storici*

Coordinatore: Prof. Sergio Lagomarsino

9. *Simulazione di eventi sismici e scenari di danno in aree urbane*

Coordinatore: Prof. Michele Maugeri

10. *Scenari di danno nell'area veneto-friulana*

Coordinatore: Prof. Marcello Ruscetti

Tema 3

Effetti dei terremoti sull'ambiente fisico e sulle opere infrastrutturali

11. *VIA – Riduzione della vulnerabilità sismica di sistemi infrastrutturali e ambiente fisico*

Coordinatore: Prof. Gian Michele Calvi

Tema 4

Strategie per la riduzione del rischio sismico

12. *Progettazione di reti di monitoraggio e allarme in aree marine prospicienti zone ad elevato rischio sismico. Prima realizzazione di un nodo nella Sicilia Orientale*

Coordinatore: Dott.ssa Laura Beranzoli

13. *Edu-Risk 2002 - Educazione al terremoto: un itinerario nella riduzione del rischio*

Coordinatore: Dott. Romano Camassi e Dott.ssa Laura Peruzza

14. *Vulnerabilità dei centri storici e dei beni culturali*

Coordinatore: Dott. Ing. Luciano Marchetti

15. EduSeis: un sismografo didattico come strumento per la formazione e la sensibilizzazione sul rischio sismico

Coordinatore: Prof. Vittorio Silvestrini

TEMA 1

VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL PATRIMONIO ABITATIVO A SCALA NAZIONALE

Introduzione

Nell'ambito del Tema 1 è stato previsto:

1. L'aggiornamento del catalogo storico e strumentale dei terremoti italiani (Progetto coordinato da Amato e Progetto coordinato da Gasperini).
2. Una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale (ZS8), basata su modelli tridimensionali di velocità della crosta della regione italiana (Progetto coordinato da Amato).
3. L'analisi della deformazione sismica e geodetica (Progetto coordinato da Amato e Progetto coordinato da Barzaghi).
4. La messa a punto di Leggi di Attenuazione regionalizzate, sia in termini di Intensità che di Accelerazione (Progetto coordinato da Amato) e la mappatura delle variazioni spaziali in Italia dei coefficienti di attenuazione in termini di intensità (Progetto coordinato da Gasperini).
5. L'indagine sugli effetti della geologia di superficie sulla pericolosità e la predisposizione di mappe di scuotimento atteso riferite al bedrock (Progetto coordinato da Amato).

Questi elementi sono stati utilizzati per la redazione della nuova mappa di pericolosità sismica a scala nazionale, elaborata secondo metodi convenzionali.

6. La preparazione di mappe geologico-strutturali relative ai mari adiacenti all'Italia centro-meridionale. Tali mappe potrebbero essere di ausilio per la simulazione di processi di frana sottomarini sia gravitative che sismo-indotte (Progetto coordinato da Argnani).
7. L'analisi della vulnerabilità sismica di edifici pubblici, privati e monumentali a scala nazionale. Gli studi di vulnerabilità hanno seguito in parte le indicazioni scaturite dal Dipartimento della Protezione Civile a seguito del terremoto del Molise (31 ottobre 2002), per cui è stata data la priorità ad analisi di vulnerabilità sismica di scuole ed ospedali. Sono stati comunque avviati importanti studi e raccolte di informazioni sulla vulnerabilità sismica dell'edilizia residenziale, delle chiese, dei centri urbani e delle reti infrastrutturali (Progetto coordinato da Dolce-Zuccaro).

Gli aspetti di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio e dei sistemi urbani garantiscono da subito una prima correlazione tra vulnerabilità e pericolosità sismica che potrebbe portare, a seguito di ulteriori approfondimenti, a nuove mappe di rischio sismico a scala nazionale.

Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico

Coordinatori: Dott. Alessandro Amato e Dott. Giulio Selvaggi

Scopo del Progetto

Lo scopo del progetto è la predisposizione di strumenti per il calcolo della pericolosità sismica che includano il fattore tempo. Ciò viene realizzato attraverso lo sviluppo di tecniche innovative che possano gestire un nuovo modello sismogenetico ibrido, basato sia su sorgenti individuali che su aree-sorgente delineate combinando dati sismologici, geologici e geodetici. Si è proposto inoltre uno sviluppo metodologico nella trattazione congiunta dei dati di base. Questo approccio consente di fornire una valutazione formalizzata di eventuali "lacune sismiche" nel territorio nazionale. In alcune aree già ipotizzate a inizio progetto (Città di Castello e Meandro-Pergola) il progetto prevede l'integrazione di dati geologici, sismologici, geodetici e geofisici con il duplice obiettivo, metodologico e applicativo, di vincolare dati parametrici, geometrici e cinematici, di strutture attive.

Ulteriore obiettivo del progetto è la determinazione di leggi di attenuazione regionalizzate, degli effetti della geologia locale (a scala nazionale) e la valutazione della loro influenza sulle stime di pericolosità con approcci convenzionali.

Gli obiettivi specifici del progetto possono essere esplicitati come segue:

Dati di base

- DISS- aggiornamento del "Database of Italy's Seismogenic Sources".
- Zonazione sismogenetica, finalizzata alle analisi di sensibilità dell'hazard con metodi convenzionali.
- Intervalli di completezza del catalogo CPTI, relativi alla zonazione proposta.
- Stime della deformazione sismica e geodetica e valutazioni comparative.
- Catalogo integrato della sismicità italiana dal 1981 al 2002.
- Database parametrico dei tempi di arrivo identificabili sui profili DSS-WARR.
- Modelli di velocità tridimensionali della regione italiana.
- Leggi di attenuazione regionalizzate.
- Database dei questionari inviati ai Comuni italiani per la definizione schematica della geologia locale.
- Parametrizzazione semplificata degli effetti della geologia di superficie sulla pericolosità.
- Revisione del catalogo dei maremoti italiani.

Prodotti di sintesi

- Risultati di studi di sismicità storica, sismotettonica, geodesia, paleosismologia, nelle aree prioritarie.
- Analisi di sensibilità della pericolosità sismica del territorio nazionale dai parametri usati in approcci convenzionali.
- Mappe di scuotimento atteso in 10-30 anni riferite al bedrock.
- Valutazione comparativa da dati sismologici, geodetici, geologici, del potenziale sismogenetico in Italia.
- GIS contenente i dati di base e le elaborazioni del progetto.

Prodotti attesi

Prodotto 1

DISS - aggiornamento del "Database of Italy's Seismogenic Sources"

Descrizione. Le attività del progetto hanno consentito, e in alcuni casi stimolato, nuove indagini su sorgenti sismogenetiche precedentemente poco note o poco comprese, tra cui quelle della Puglia, della costa Marchigiana, della Pianura Padana e dell'area iblea. Le nuove conoscenze sono state sintetizzate in una serie di sorgenti che propongono una geometria e un meccanismo di fagliazione per terremoti storici poco compresi (es.: evento del 1456).

Versione finale. Verrà consegnata una versione preliminare della versione 3.0 di DISS, dotata di numerose modifiche nella struttura del database, aggiornata nei dati di supporto (cataloghi sismici, bibliografia, mappe georeferenziate da letteratura) e corredata di tutte le sorgenti sismogenetiche istituite o modificate dopo la pubblicazione del DISS 2.0 (estate 2001).

Utilità per la Protezione Civile. DISS 2.0 e una versione di lavoro di DISS 3.0 sono state già utilizzate per tracciare ZS9, il modello di zonazione su cui si basa la nuova carta di pericolosità presentata alla Protezione Civile nell'aprile 2004. I dati di DISS sono serviti anche a vincolare la cinematica dominante, la profondità ipocentrale caratteristica e la magnitudo massima attesa nelle diverse zone sismogenetiche. Sorgenti individuali tratte da DISS sono state utilizzate per scenari di pericolosità e rischio in altri progetti GNDT o comunque di rilevanza per la Protezione Civile.

Prodotto 2

Zonazione sismogenetica, finalizzata alle analisi di sensibilità dell'hazard con metodi convenzionali

Descrizione. È stata perfezionata la zonazione sismogenetica ZS8, basata sull'aggiornamento e sulla evoluzione delle precedenti zonazioni ZS4 e

successive. ZS8 incorpora la maggior parte degli aggiornamenti di tettonica attiva resi disponibili negli ultimi anni

Versione finale. La zonazione ZS8 sarà inserita nel GIS del progetto

Utilità per la Protezione Civile. ZS8 è servita per mettere a punto le conoscenze e le procedure che sono state successivamente utilizzate dal Gruppo di Lavoro che ha prodotto la mappa di pericolosità sismica richiesta dall'ordinanza PCM 3274. In particolare, nell'ambito di questa iniziativa che ha utilizzato i risultati di questo progetto, è stata disegnata una ulteriore versione, chiamata ZS9, corredata da un valore medio di profondità e una indicazione dello stile di fagliazione prevalente, che è disponibile sul sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it>.

Prodotto 3

Intervallo di completezza del catalogo CPTI, relativi alla zonazione

Descrizione. Per ciascuna ZS di ZS8 sono stati determinati due insiemi di intervalli di completezza del catalogo, utilizzando due approcci: uno prevalentemente storico e uno prevalentemente statistico.

Versione finale. Gli insiemi di intervalli di completezza saranno resi disponibili sotto forma di tabella

Utilità per la Protezione Civile. In analogia a quanto descritto in precedenza, nell'ambito della iniziativa per la redazione della mappa di pericolosità sismica gli intervalli di completezza descritti sono stati adattati a ZS9 e forniti come corredo della stessa

Prodotto 4

Deformazione sismica e geodetica

Descrizione. Determinazione del campo di deformazione geodetica orizzontale in Italia tramite la rioccupazione della rete di triangolazione IGM del 1880. Determinazione del campo di deformazione sismica tramite la quantificazione di forti terremoti e di distribuzioni GR con il nuovo catalogo strumentale 1981-2002. Determinazione del campo di deformazione verticale tramite l'analisi delle linee di livellazione dell'IGM. Confronti tra le diverse stime ottenute.

Versione finale. Mappa della deformazione geodetica orizzontale in Italia, escluse Calabria e Sicilia. Confronti con dati di stazioni permanenti. Tabelle semplificate dei confronti tra le diverse stime di deformazione. Pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali.

Utilità per la Protezione Civile. Passo necessario verso la determinazione di un modello cinematico basato su dati di deformazione attiva. Indicazioni su stato di deformazione di strutture attive. Modellazione di processi tettonici e sismogenetici,

utile per la definizione del “Modello Integrato Nazionale” per le principali aree sismogenetiche del Dipartimento della Protezione Civile.

Prodotto 5

Catalogo dei terremoti italiani 1981-2002

Descrizione. È stato realizzato il catalogo integrato dei terremoti registrati da tutte le reti sismiche permanenti che hanno lavorato in Italia dal 1981 al 2002. Gli eventi sono stati localizzati con procedura omogenea sia per quanto riguarda i criteri di pesatura che i parametri di convergenza. Sono state calcolate, per regressione lineare, le magnitudo locali da un dataset originale di stime di MI effettuate dalla rete MedNet.

Versione finale. CD-ROM contenente tempi di arrivo (riferiti a 136850 eventi), localizzazioni (99780) e magnitudo (48299 stime) di terremoti avvenuti in Italia nel periodo 1981-2002.

Utilità per la Protezione Civile. Dati di base fondamentali usati in tutte le stime di pericolosità e in tutte le valutazioni sull'andamento delle sequenze sismiche.

Prodotto 6

Database parametrico dei tempi di arrivo identificabili sui profili DSS-WARR e modelli monodimensionali per la regione italiana

Descrizione. Database contenente i tempi di primo arrivo delle onde P individuati sulle sezioni sismiche a rifrazione che sono state acquisite nel territorio italiano dal 1968 ad oggi e le altre informazioni relative a ciascun profilo. Sono stati identificati 11820 tempi di primo arrivo di onde P e le funzioni 1D velocità-profondità calcolate per ciascun profilo. Al fine di effettuare analisi tomografiche sia a scala regionale sia locale, sono stati determinati i modelli monodimensionali di velocità medi relativi ad alcune aree.

Versione finale. È stato prodotto un CD-ROM con il Data Base completo dei primi arrivi. Pubblicazione del modello monodimensionale per la penisola italiana.

Utilità per la Protezione Civile. Contributo alla definizione del modello sismotettonico della regione italiana.

Prodotto 7

Modelli di velocità tridimensionali della regione italiana

Descrizione. Sono state realizzate mappe tomografiche a partire dal catalogo integrato 1981-2002. La risoluzione spaziale dei nuovi modelli di velocità è di circa 15 km in x e y in 2 strati crostali (8, 22 km) e in 4 strati del mantello superiore (38, 52, 66, 80 km). Il modello permette quindi una maggior definizione delle anomalie in una zona più ampia di quanto precedentemente noto e una migliore localizzazione ipocentrale dei terremoti.

Parallelamente, è stata realizzata la banca dati in linea delle forme d'onda originali della Rete Sismica Nazionale Centralizzata dal 1988 ad oggi.

Versione finale. Le immagini tomografiche saranno inserite nel GIS del progetto. Attualmente, il catalogo delle forme d'onda è consultabile al sito <http://waves.ingv.it>, da dove è possibile fare un *download* dei parametri ipocentrali degli eventi localizzati, dei tempi di arrivo e delle forme d'onda.

Utilità per la Protezione Civile. I modelli tomografici ottenuti forniscono un quadro geometrico delle strutture profonde che migliora l'attuale comprensione della tettonica attiva nella penisola italiana. Il catalogo delle forme d'onda permetterà il calcolo della magnitudo locale direttamente dall'ampiezza dei segnali registrati e non per regressione dalla durata.

Prodotto 8

Leggi di attenuazione regionali

Descrizione. Sulla base di considerazioni di carattere geologico/tettonico e della distribuzione delle reti sismometriche digitali di alta qualità sul territorio italiano, è stata formulata una zonazione del territorio nazionale in aree "omogenee" dal punto di vista della propagazione delle onde sismiche. Per ogni zona, l'attenuazione regionale è stata investigata utilizzando la sismicità di fondo.

Per regressione da grandi insiemi di dati di forme d'onda velocimetriche ed accelerometriche, sono stati ottenuti funzionali empirici di eccitazione ed attenuazione del moto del suolo. Le regioni caratterizzate omogeneamente sono: Appennino Settentrionale, Appennino Centrale, Italia Nord-Occidentale, Italia Nord-Orientale e Sicilia Orientale.

Dai funzionali di eccitazione/attenuazione del moto del suolo, in funzione della distanza e della frequenza, vengono calcolati i valori di picco di quantità di interesse sismologico ed ingegneristico (PGA, PGV, PSA, PSV, etc.)

Versione finale. Per ogni regione in studio: tabelle dei parametri di attenuazione/eccitazione del moto del terreno indotto da un terremoto; tabelle relative alla durata del moto del suolo; tabelle di PGA utilizzate per la compilazione della mappa di pericolosità sismica nazionale di cui al punto successivo.

Utilità per la Protezione Civile. Stima di quantità di interesse sismologico ed ingegneristico (PGA, PGV, PSA, PSV, etc.), che sono fondamentali per la produzione di mappe di pericolosità sismica. La già citata mappa di pericolosità sismica richiesta dall'ordinanza PCM 3274 e realizzata dal Gruppo di Lavoro è stata redatta utilizzando i parametri sull'attenuazione regionalizzata del moto del suolo.

Prodotto 9

Database dei questionari restituiti dai Comuni italiani per la definizione schematica della geologia locale

Descrizione. Sono stati spediti 8102 questionari finalizzati alla raccolta di informazioni sulla distribuzione della geologia all'interno del territorio abitato di ciascun comune. Circa il 25% dei comuni ha fornito la relativa scheda di risposta. La distribuzione dei comuni che hanno risposto riflette le aree a maggior rischio sismico, quindi rappresenta una buona copertura del territorio nazionale.

Versione finale. Il database sarà distribuito in formato Access 2003 e georeferenziato, consultabile su piattaforme Windows XP e inferiori.

Utilità per la Protezione Civile. Indicazione fondamentale, distribuita omogeneamente sul territorio nazionale, per la valutazione di rischi naturali.

Prodotto 10

Mappa effetti della geologia di superficie sulla pericolosità

Descrizione. La mappa è derivata dalla cartografia in scala 1:500000 in formato vettoriale fornita dal Servizio Geologico Nazionale. La mappa è stata sviluppata per le analisi di sensibilità delle mappe di pericolosità, col fine di osservare e testare le possibili variazioni del movimento del suolo legati alla geologia locale.

Versione finale. I risultati, sotto forma di mappa e di tabelle, saranno inclusi nel GIS del progetto.

Utilità per la Protezione Civile. Primo strumento operativo, applicabile a qualsiasi mappa di pericolosità per visualizzare l'effetto della geologia locale sullo scuotimento del suolo.

Prodotto 11

Catalogo dei maremoti italiani e stima del potenziale tsunamigenico nello Stretto di Messina e nel Mare Ionio a oriente della Sicilia

Descrizione. Sono stati riesaminati 34 casi occorsi nel XIX e XX secolo lungo le coste italiane, della Dalmazia e della Costa Azzurra, che non erano stati introdotti nella versione del catalogo Tinti e Maramai (1996) in quanto supportati da fonti insufficienti. Il lavoro di revisione ha portato alla eliminazione di 32 dei 34 eventi analizzati, in quanto devono considerarsi effetti di perturbazioni meteorologiche o falsi eventi, e all'inserimento di due nuovi maremoti. È stata così realizzata una nuova versione del Catalogo dei maremoti italiani, in forma di database, che contiene 67 eventi di maremoto a partire dal 69 a.C. al 2002.

Inoltre, è stato valutato il potenziale tsunamigenico in una delle aree italiane con la maggiore frequenza storica di maremoti prodotti da terremoti. Il metodo fa uso di tecniche statistiche per il calcolo della probabilità di occorrenza di terremoti nella zona interessata e, attraverso opportune ipotesi sulle caratteristiche focali delle

sorgenti sismiche, si stima la deformazione co-sismica del fondo marino e l'ampiezza iniziale dell'onda di maremoto in zona sorgente. Tenendo conto delle caratteristiche batimetriche, vengono effettuate stime di massima altezza dell'onda sulle coste.

Versione finale. Viene prodotto un CD-ROM contenente il database del nuovo catalogo dei maremoti italiani, messo a punto tramite Visual FoxPro 6.0.

Utilità per la Protezione Civile. Dati originali che contribuiscono alla caratterizzazione di aree tsunamigeniche e alla conseguente valutazione dell'hazard da maremoti. Saranno, inoltre, presentate mappe per lo Stretto di Messina e nel Mar Ionio del tasso di occorrenza di terremoti tsunamigenici in grado di produrre onde con altezza massima alla costa superiore ad un limite prefissato (1m, 3m, 5m) e calcolate le rispettive curve di probabilità di occorrenza di maremoti per diversi intervalli temporali.

Prodotto 12

Risultati di studi di sismicità storica, sismotettonica, geodesia, paleosismologia, nelle aree prioritarie

Descrizione. Studi multidisciplinari nelle aree di Città di Castello e Melandro-Pergola-Val d'Agri con il fine di identificare strutture attive e caratterizzarne geometria e cinematica. Gli studi multidisciplinari hanno interessato dati originali di geologia, geomorfologia, geodesia, sismologia, e paleosismologia. Valutazione dell'approccio multidisciplinare per la carettizzazione di possibili aree di "lacuna sismica".

Versione finale. I risultati saranno rappresentati sia nel GIS del progetto che sotto forma di parametri sismogenetici delle strutture attive, insieme ad una relazione sui metodi applicati e risultati ottenuti in aree precedentemente poco note.

Utilità per la Protezione Civile. Indicazione dei parametri geometrici (orientazione, estensione, collocazione geografica) e cinematici (es. *slip rate*) di strutture tettoniche collocate in aree sismicamente attive. Strumento utile per la definizione del "Modello Integrato Nazionale" per le principali aree sismogenetiche del Dipartimento della Protezione Civile.

Prodotto 13

Analisi di sensibilità della pericolosità sismica del territorio nazionale dai parametri usati in approcci convenzionali

Descrizione. La zonazione ZS8 è stata utilizzata per effettuare prove di sensibilità della mappa di pericolosità al variare dei parametri caratteristici usati negli approcci convenzionali. In particolare, sono stati esaminati i seguenti elementi di input: intervalli di completezza, catalogo sismico, magnitudo massima, leggi di attenuazione, effetti della geologia locale. Particolare attenzione è stata rivolta al controllo del gap fra catalogo reale e catalogo virtuale utilizzato per i calcoli.

Versione finale. Le mappe ottenute sono numerose e saranno inserite nel GIS del progetto.

Utilità per la Protezione Civile. Anche in questo caso questi elaborati hanno contribuito a calibrare le combinazioni di ingredienti più idonee per la redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dalla Ordinanza.

Prodotto 14

Mappa di pericolosità time-dependent alla scala nazionale

Descrizione. Sono state realizzate delle carte di pericolosità con l'introduzione semplificata dell'elemento "dipendenza temporale" dall'ultimo evento. I dati di base disponibili all'interno del progetto per la caratterizzazione delle sorgenti sismogenetiche (specificatamente DISS, per le sorgenti di $M > 5.5$, e il catalogo strumentale nella versione aggiornata nel 2004) hanno permesso di realizzare un prototipo di modello globale della pericolosità, che abbandona i criteri di zonazione a sorgenti estese utilizzati per i prodotti destinati alla riclassificazione sismica. La sismicità italiana viene modellata in tre livelli parametrizzati con tecniche e assunzioni di base diverse. La sismicità di fondo di basso grado ($M < 5.5$) è considerata stazionaria e viene modellata facendo uso del catalogo strumentale (1981-2002) con tecniche di gridding automatico dei valori della G-R. La sismicità maggiore utilizza le sorgenti individuali riportate in DISS, separate nei livelli storico e geologico; ad entrambi i tipi di sorgenti viene attribuito il picco di sismicità associabile alla ipotesi di terremoto caratteristico. Per entrambe le sorgenti viene proposta una modellazione della probabilità condizionata di accadimento dell'evento caratteristico nei prossimi 50 anni; essa si traduce in una alterazione dei tassi di sismicità (tassi fittizi) in grado di "illuminare" sorgenti in relazione al tempo intercorso dall'ultimo evento.

Versione finale. Mappe di pericolosità con assunzioni stazionarie (modello poissoniano) e time-dependent (modello BPT): mappa di hazard a tasso di momento sismico vincolato; relazione di analisi del contributo dei diversi livelli informativi alla composizione dell'hazard. Analisi delle incertezze intrinseche della informazione utilizzata.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni essenzialmente di tipo previsionale a medio-lungo termine: illuminazione di aree potenzialmente interessate da eventi significativi in tempi più ravvicinati: strumento di supporto decisionale per la definizione della priorità di allocazione risorse destinate agli interventi di riadeguamento antisismico. Strumento utile per la definizione del "Modello Integrato Nazionale" per le principali aree sismogenetiche del Dipartimento della Protezione Civile.

Prodotto 15

Modellazione di processi renewal applicati alla sismicità italiana

Descrizione. Sono stati analizzati e validati con tecniche diverse alcuni modelli probabilistici adattabili alla situazione italiana, relativamente ad assunzioni di dipendenza temporale semplice, come la teoria renewal. L'analisi ha riguardato aree campione, in quanto la disponibilità di osservazioni è molto limitata, e vincola pesantemente le indagini eseguibili. Sono state ottenute indicazioni che supportano comportamenti non poissoniani in Calabria, Irpinia e Friuli: in Appennino Centrale i dati osservativi sembrano invece privilegiare modelli stazionari.

Versione finale. Rapporto sintetico che illustra le tecniche adottate e i risultati conseguiti: stime dei parametri delle distribuzioni utilizzabili; stima della probabilità di accadimento di eventi per date soglie di magnitudo e tempo di proiezione.

Utilità per la Protezione Civile. Elemento analitico di indispensabile supporto alle valutazioni della pericolosità time-dependent.

Prodotto 16

Valutazione comparativa da dati sismologici, geodetici, geologici, del potenziale sismogenetico in Italia

Descrizione. Vengono confrontati e discussi i risultati raggiunti nel progetto, in particolare relativamente ai prodotti 1, 2, 4, 5, 12, 13, e 14 della presente relazione, anche attraverso l'utilizzo di 17, per formulare delle ipotesi sul potenziale sismogenetico e sulla probabilità di accadimento di futuri forti terremoti in Italia

Versione finale. Rapporto tecnico-scientifico di sintesi ed elaborati grafici.

Utilità per la Protezione Civile. Definizione priorità di interventi di mitigazione del rischio. Strumento utile per la definizione del "Modello Integrato Nazionale" per le principali aree sismogenetiche del Dipartimento della Protezione Civile. Identificazione aree di maggior interesse per future ricerche (es. scenari di scuotimento e di danno) e per lo sviluppo del monitoraggio.

Prodotto 17

GIS contenente i dati di base e le elaborazioni del progetto

Descrizione. Il GIS realizzato nell'ambito del progetto consente una visione sinottica sia dei dati di base prodotti nei singoli task in cui è stato suddiviso il progetto (es. mappe sismicità del catalogo 1981-2002), che delle sintesi del progetto (analisi di sensibilità della mappe di pericolosità).

Versione finale. Il GIS sarà consultabile via rete e sarà fornita anche una versione in DVD.

Utilità per la Protezione Civile. Semplificazione e immediatezza nella lettura dei risultati conseguiti dal progetto. Strumento utile per la definizione del “Modello Integrato Nazionale” per le principali aree sismogenetiche del Dipartimento della Protezione Civile.

Uno Studio per la Valutazione della Pericolosità derivante da Processi Geologici Sottomarini nei Mari Italiani: Terremoti, Maremoti e Frane

Coordinatore: Dott. Andrea Argnani

Scopo del Progetto

Le aree marine che circondano l'Italia sono sede di processi geologici che possono rappresentare un potenziale rischio civile, ambientale ed ecologico. Il presente programma di geologia marina è finalizzato all'individuazione di strutture e contesti geologici associabili a processi che presentano una potenziale pericolosità legata a improvviso ed elevato rilascio energetico. La valutazione del rischio associato ad un evento geologico è relativa alla densità di popolazione o alle opere civili presenti nell'area sulla quale i processi legati all'evento impattano. Tuttavia, per effettuare una valutazione accettabile è necessario conoscere in quale contesto e con quale modalità l'evento si origina e in che modo i suoi effetti si propagano. In quest'ottica, la comprensione dell'assetto geologico dei fondali marini e dell'attività tettonica recente può fornire un contributo significativo alla valutazione della pericolosità dalle aree marine.

L'attività delle tre unità che partecipano a questo progetto è stata svolta in questo ambito.

L'unità IGM1 ha investigato le caratteristiche neotettoniche della scarpata della Sicilia orientale, un'area che è stata sede di grandi terremoti storici e per la quale mancavano studi adeguati. L'unità IGM2 ha investigato le relazioni che intercorrono fra terremoti e instabilità sedimentaria nell'Adriatico centrale, nei dintorni del promontorio Garganico. Infine, gli aspetti concernenti le potenzialità tsunamigeniche delle deformazioni dei fondali marini investigati sono stati trattati dall'unità UNIBO attraverso modelli numerici che riproducono sia rotture del fondale per fagliazione, sia frane sottomarine.

Le ricerche effettuate lungo la scarpata della Sicilia orientale hanno permesso di definire con un dettaglio considerevole la geometria del sistema di faglie presenti, fornendo, per altro, un quadro sostanzialmente diverso da quanto precedentemente descritto in letteratura. I nuovi risultati rendono possibile una migliore caratterizzazione sismotettonica dell'area e consentono di mettere a punto modelli più realistici per la simulazione degli tsunami.

Nel Mar Adriatico centro-meridionale sono state individuate, utilizzando carotaggi e profili sismici di ultra-alta risoluzione, le principali aree nelle quali i sedimenti del fondale mostrano caratteristiche di deformazione. In alcuni casi, gli indizi di neotettonica riconosciuti possono consentire di estendere nel passato le informazioni ottenute dalla sismologia storica.

Il lavoro sulla simulazione degli tsunami ha invece portato alla messa a punto di modelli numerici che riproducono tsunami indotti da terremoti che causano rotture del fondale marino.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Mappe geologico-strutturali della scarpata della Sicilia orientale

Descrizione. Nell'ambito del progetto è stata appositamente effettuata l'acquisizione di un rilievo sismico lungo l'area del Mar Ionio che sottende la scarpata della Sicilia orientale. Le informazioni geologico strutturali ottenute dall'interpretazioni dei profili sismici sono state compilate in alcune mappe geologico-strutturali che illustrano la geometria delle principali strutture tettoniche individuate

Versione finale. Le mappe prodotte verranno presentate sia su supporto cartaceo sia su CD in formato post-script, con annesse le relative note illustrative.

Utilità per la Protezione Civile. Le caratteristiche delle strutture tettoniche individuate consentiranno una migliore classificazione sismo-tettonica dell'area di mare adiacente Catania e la regione Iblea. Inoltre, sarà possibile effettuare con migliore approssimazione le valutazioni e i modelli degli scenari di pericolosità sismica, sia dovuta direttamente ai terremoti sia legata a possibili maremoti.

Prodotto 2

Sezioni geo-sismiche lungo la scarpata della Sicilia orientale

Descrizione. Le interpretazioni geologiche dei profili sismici acquisiti nell'area posta al largo della Sicilia orientale servono ad illustrare la geometria tridimensionale delle principali strutture tettoniche individuate ed a caratterizzarne la tipologia strutturale. Sebbene le immagini ottenute si riferiscano a profondità massime di 5-6 km, le geometrie delle strutture sono comunque importanti per meglio vincolare i modelli numerici che si propongono di riprodurre scenari di possibili terremoti e maremoti.

Versione finale. Verranno presentate le interpretazioni dei profili sismici sia per le sezioni in tempi, sia, nei casi di interesse, per sezioni migrate in profondità. Le sezioni prodotte verranno presentate sia su supporto cartaceo sia su CD, in formato post-script, con annesse le relative note illustrative.

Utilità per la Protezione Civile. Le sezioni geo-sismiche sono a complemento delle mappe geologico-strutturali per la caratterizzazione delle strutture tettoniche. Servono quindi come vincolo ulteriore agli scopi di modellazioni numeriche ed alla definizione di scenari di pericolosità.

Prodotto 3

Mappe dei depositi gravitativi e delle aree caratterizzate da deformazione dei sedimenti nell'Adriatico centro-meridionale

Descrizione. Nel Mare Adriatico centrale e meridionale sono state identificate e descritte varie tipologie di deformazione dei sedimenti, basandosi su carotaggi e profili sismici di ultra-alta risoluzione. Queste deformazioni a piccola scala indicano la presenza di una tettonica attiva negli ultimi 400 ky. In base alla distribuzione ed all'età dei sedimenti deformati è stato possibile distinguere tre gruppi di deformazioni, che sono state opportunamente mappate: a) pieghe e faglie che interessano unità più vecchie di 400 ky; b) pieghe e faglie che interessano unità di età compresa fra 400 e 18-20 ky; e c) faglie che interessano unità più recenti di 18-20 ky. Inoltre, è stata mappata sia la distribuzione dei corpi sedimentari la cui deposizione è imputabile a processi di franamento sottomarino, sia l'ubicazione dei sedimenti che hanno subito una deformazione in situ durante periodi di rapida deposizione.

Versione finale. Le mappe prodotte verranno presentate sia su supporto cartaceo sia su CD in formato post-script, con annesse le relative note illustrative.

Utilità per la Protezione Civile. Il legame esistente fra le strutture tettoniche maggiori e le deformazioni recenti fornisce un'ulteriore informazione per estrapolare nel passato i dati di sismologia storica. Questo, a sua volta, consente di migliorare la caratterizzazione delle zone sismogenetiche e di valutare la potenziale pericolosità di processi di instabilità in aree di rapido accumulo di sedimenti.

Prodotto 4

Simulazione della propagazione e impatto del maremoto dell'11 gennaio 1693 sotto l'ipotesi di faglie generatrici IGM1

Descrizione. È stato preso in esame un sistema di faglie normali, che indicheremo come IGM1, individuato sulla base di dati di sismica a riflessione multi-canale raccolti durante la missione scientifica MESC2001, svolta dall'ISMAR-CNR di Bologna (i risultati sono descritti in Argnani et al., Boll. Geof. Teor. Appl., 2002). Le faglie si estendono per una lunghezza di circa 45 km lungo una porzione della Scarpata Ibleo-Maltese. È stata studiata la possibilità che il sistema di faglie possa essere responsabile del terremoto tsunamigenico dell'11 gennaio 1693. Allo scopo, sono state esaminate diverse possibili scelte per la geometria delle faglie e per la ripartizione del momento sismico fra ciascuna di esse, tenendo conto sia dei risultati preliminari pubblicati in Argnani et al. (2002), sia di più recenti rielaborazioni riguardanti, in particolare, gli angoli di dip delle faglie. In ciascun caso, la condizione iniziale per il maremoto, coincidente con lo spostamento verticale cosismico del fondale marino, è stata calcolata sia attraverso il classico modello a semispazio (per esempio Okada, 1992) sia attraverso un algoritmo più sofisticato che permette di includere l'effetto della topografia irregolare del fondale marino, almeno in prima approssimazione. La simulazione della propagazione

delle onde di maremoto e del loro impatto sulle coste sicule è stata effettuata tramite un codice agli elementi finiti che risolve le equazioni non-lineari di Navier-Stokes nell'approssimazione di shallow-water. I risultati delle simulazioni sono stati confrontati con le osservazioni storiche disponibili, in particolare per quel che riguarda l'impatto delle onde di tsunami nelle città di Augusta, Catania e Siracusa.

Versione finale. Verrà presentata una relazione finale contenente: 1) grafici di distribuzione delle massime elevazioni delle onde lungo le coste della Sicilia orientale; 2) mareogrammi sintetici calcolati in più punti nelle principali città costiere (Augusta, Catania, Siracusa); 3) campi di propagazione delle onde di maremoto a diversi istanti.

Utilità per la Protezione Civile. Indicazioni sulle massime ampiezze delle onde di maremoto prodotte da faglie generatrici tipo IGM1 lungo le coste della Sicilia orientale.

Prodotto 5

Confronto tra simulazioni del maremoto dell'11 gennaio 1693 relative a diverse ipotesi di sorgente

Descrizione. Sono stati messi a confronto i risultati delle simulazioni di propagazione e di impatto delle onde di maremoto effettuate a partire da diversi tipi di faglie generatrici. Le sorgenti prese in considerazione sono state proposte da diversi autori sulla base di differenti tipi di dati o di evidenze, e possono essere distinte fondamentalmente in base alla posizione geografica e al meccanismo focale caratteristico: 1) faglie normali localizzate lungo la Scarpata Ibleo-Maltese; 2) faglie normali poste in corrispondenza del graben di Scordia-Lentini; 3) faglie trascorrenti poste quasi completamente in terraferma in corrispondenza della struttura Scicli-Ragusa-Monte Lauro.

I risultati principali del confronto possono essere così riassunti: a) le faglie poste lungo la scarpata Ibleo-Maltese sono in grado di produrre effetti di maremoto significativi; inoltre, la capacità di sorgenti tipo IGM1 di riprodurre le osservazioni storiche sul maremoto del 1693 è comparabile a quella delle altre faglie mappate lungo la Scarpata Ibleo-Maltese, ed è pertanto difficile scegliere fra queste una che possa essere indicata inequivocabilmente come la sorgente del terremoto-maremoto dell'11 gennaio 1693; 2) le simulazioni di maremoto hanno confermato che solo le strutture sismogenetiche poste totalmente in mare, come le faglie Ibleo-Maltesi, o con rilevante estensione in mare aperto, come ipotizzato per le sorgenti tipo Scordia-Lentini, sono in grado di generare maremoti significativi, al contrario delle faglie sulla terraferma (come la struttura trascorrente Scicli-Ragusa-Monte Lauro), il cui potenziale tsunamigenico è da considerarsi trascurabile.

Versione finale. Verrà presentata una relazione finale contenente: 1) grafici comparativi di distribuzione delle massime elevazioni delle onde lungo le coste della Sicilia orientale relativi alle diverse faglie; 2) mareogrammi sintetici relativi alle diverse sorgenti calcolati in diversi punti lungo la costa, e in particolare in corrispondenza di Augusta, Catania e Siracusa.

Utilità per la Protezione Civile. Stima del potenziale tsunamigenico di diverse tipologie di faglie e indicazioni di massima sull'entità dell'impatto dei relativi maremoti lungo le coste della Sicilia orientale.

Prodotto 6

Studio dell'impatto di maremoti futuri generati da sorgenti tipo 1693

Descrizione. La modellazione dei maremoti lungo la costa ionica della Sicilia è utile non solo per l'identificazione della sorgente del terremoto del 1693, ma anche per ricavare indicazioni importanti riguardo all'interazione fra le onde di maremoto e la morfologia e le opere civili costiere odierne. In particolare, si è rivelato interessante, e al tempo stesso impegnativo dal punto di vista modellistico, studiare gli effetti prodotti dalla morfologia delle penisole su cui sono costruiti i centri storici di Augusta e di Siracusa sull'evoluzione e sull'impatto delle onde marine. Lo stesso dicasi per le opere portuali della baia di Augusta, in particolare per i tre grandi frangiflutti costruiti in mare aperto a protezione del porto.

Versione finale. Verrà presentata una relazione finale che descrive i risultati dello studio applicato alla penisola e al porto di Augusta, con mareogrammi sintetici e valori massimi delle elevazioni delle onde marine calcolati all'interno e all'esterno del bacino portuale, a partire da una faglia selezionata fra quelle Ibleo-Maltesi.

Utilità per la Protezione Civile. Stima dell'impatto di onde di maremoto nella baia di Augusta tenendo conto delle attuali opere di protezione.

Determinazione dello stile di deformazione e dello stato di sforzo dell'arco calabro

Coordinatore: Prof. Riccardo Barzaghi

Scopo del Progetto

La ricerca si è posta il fine di definire un approccio il più possibile integrato per lo studio dello stile di deformazione dell'Arco Calabro. Le metodologie di tipo geodetico sono state utilizzate come riscontri alla modellistica geodinamico-geofisica sia a livello regionale che a livello locale, della singola faglia attiva. In particolare, per quel che riguarda gli aspetti più prettamente geodetici, si sono studiate metodologie innovative per lo studio delle serie temporali di coordinate derivanti da stazioni permanenti e strumenti e metodi utili al rilievo GPS di precisione in reti di tipo non-permanente. Per quel che riguarda le serie temporali, si sono modellizzate le correlazioni temporali presenti nelle soluzioni giornaliere e si è sviluppato un software che ne tenga conto in sede, per esempio, di stima delle velocità delle stazioni permanenti. Queste analisi non convenzionali sono state applicate ad una rete test: i risultati provano che l'impatto delle correlazioni è significativo. Tale lavoro metodologico è stato compendiato dalla definizione di siti utili alla istituzione di nuove stazioni permanenti e alla realizzazione, secondo i più elevati standard qualitativi, della stazione permanente di Nocera. I dati di più di un anno di questa stazione sono stati poi utilizzati assieme a quelli di Cosenza, Reggio Calabria, Matera, Noto e Marsala al fine di definire la deformazione di tutta l'area coperta da questa stazioni. Ulteriormente, a scala locale si è affrontato il problema di definire le deformazioni in atto nell'area di Castrovillari, dove si è monumentata e rilevata per due volte una rete non-permanente e si sono stimate le variazioni delle baseline che compongono la rete. Queste analisi di carattere geodetico sono state utilizzate per migliorare la definizione dei modelli geofisici dell'area.

In particolare, si sono utilizzati i risultati di tipo geodetico e le indagini di carattere sismologico e sismico-gravimetrico per gli opportuni confronti con modelli geofisici dell'Arco Calabro.

I dati dei GPS permanenti sono stati interpretati utilizzando codici numerici agli elementi finiti, sviluppati e ottimizzati nel corso del progetto, che, avendo come vincolo cruciale i modelli strutturali ricavati dai dati sismologici e dalla analisi sismico-gravimetriche, hanno permesso di simulare i processi geodinamici agenti nell'Arco Calabro. Tramite tali modelli, infatti, si sono definite le modalità di arretramento dell'Arco Calabro, fornendo una previsione sia della velocità di tale arretramento sia delle deformazioni all'interno dell'Arco stesso, confrontando quest'ultima con quella determinate mediante GPS non permanenti. Tale modellistica geofisica ha permesso quindi di simulare i tassi di deformazione potenzialmente responsabili della sismicità registrata in Calabria. Tramite una parametrizzazione opportuna delle forze associate alla subduzione, la messa a punto di modelli bidimensionali, sia in pianta verticale (che si sono rivelati utili per simulare l'arretramento dell'Arco per collasso gravitazionale e lo stile deformativo nel cuneo litosferico sovrascorrente) che in

pianta orizzontale, ha permesso infine di analizzare gli effetti della finitezza dell'estensione laterale dell'Arco e gli effetti estrusivi sulla velocità di arretramento e sul pattern deformativo in Calabria.

Infine, si è fornito il catalogo aggiornato della sismicità per una stima dello strain sismico.

Il complesso di queste attività è stato documentato con articoli a carattere pluridisciplinare dove è stata data ampia visibilità sia all'originalità della metodologia adottata che ai risultati del progetto.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Stato di deformazione geodetica dell'area dell'Arco Calabro

Descrizione. Stima delle deformazioni dell'area dell'Arco Calabro definita tramite lo studio delle variazioni delle coordinate delle stazioni permanenti della zona. La metodologia uniforme di trattamento dati e l'utilizzo di tecniche innovative nella stima delle velocità delle stazioni e dei loro s.q.m. hanno permesso di ricavare un dato di alta affidabilità.

Versione finale. Verrà consegnata una mappa che riporta le velocità stimate nonché un CD contenente le elaborazioni effettuate sui dati GPS delle stazioni permanenti.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili alla definizione dello stato di deformazione dell'area.

Prodotto 2

Deformazione geodetica dell'area di Castrovillari

Descrizione. Stima delle deformazioni nell'area di Castrovillari basate sull'analisi di due campagne GPS su reti non-permanenti. Rete di alta qualità monumentata nell'area sopra citata.

Versione finale. Verrà consegnata una mappa che riporta le velocità stimate nonché un CD contenente i dati raccolti, le elaborazioni effettuate e le monografie dei punti rete.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili alla definizione dello stato di deformazione dell'area sismogenetica di Castrovillari.

Prodotto 3

Previsioni dello stato deformativo dell'area dell'Arco Calabro

Descrizione. Utilizzo di modelli agli elementi finiti, in pianta verticale e orizzontale, per la previsione della deformazione nell'area dell'Arco Calabro. In particolare,

utilizzando come vincolo cruciale i modelli strutturali ricavati dai dati sismico-gravimetrici, si simulano i tassi di deformazione responsabili della sismicità registrata nell'arco Calabro.

Versione Finale. Verrà fornita una mappa dei tassi di deformazione predetti nell'area dell'Arco Calabro.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili ai fini della previsione dello stato di deformazione nell'area dell'Arco Calabro.

Prodotto 4

Struttura della litosfera-astenosfera nell'Arco Calabro

Descrizione. Mediante l'inversione congiunta dei dati di tomografia (onde di superficie) e dei dati CROP (e similari), correlazioni fra le caratteristiche della sismicità ed il modello strutturale, correlazioni fra i dati del magmatismo recente ed il modello strutturale.

Versione Finale. Verrà fornita la sezione più vincolata del sistema litosfera-astenosfera dell'Arco Calabro.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili alla modellazione della geodinamica per la stima della deformazione in atto nell'Arco Calabro. Informazioni utili per lo studio dei legami tra vulcanismo recente e sismicità.

SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani

Coordinatori: Prof. Mauro Dolce e Prof. Giulio Zuccaro

Scopo del Progetto

Il progetto nasceva da due fondamentali esigenze:

- disporre di mappe di vulnerabilità in ambiti territoriali diversi, dall'intero territorio nazionale alle regioni e ai comuni, relative a tipologie costruttive diverse, dall'edilizia ordinaria, pubblica e strategica, fino all'edilizia monumentale, o relative a sistemi infrastrutturali ed urbani;
- confrontare, integrare e, quanto meno, armonizzare i diversi approcci alle valutazioni di vulnerabilità sismica dei vari oggetti, nonché di mettere a punto nuove metodologie di valutazione per alcune tipologie costruttive peculiari e per i sistemi urbani, che tengano conto dei dati effettivamente disponibili e che siano ad essi effettivamente applicabili.
- La disponibilità di estese basi dati, sinora solo in parte utilizzate, soprattutto derivanti dai progetti LSU per edifici pubblici, centri urbani e infrastrutturali e parchi, rendeva realizzabili una serie di ambiziosi obiettivi, tra cui i principali sono di seguito elencati:
- Realizzazione di mappe aggiornate di vulnerabilità e rischio sismico del patrimonio edilizio abitativo del territorio nazionale, del patrimonio degli edifici pubblici per l'istruzione e per la sanità censiti nell'ambito dei LSU nell'Italia Meridionale, del patrimonio monumentale di alcune porzioni territoriali di particolare pregio ambientale e monumentale (parchi), di mappe di vulnerabilità di piccoli sistemi urbani.
- Confronto sulle basi dati di cui sopra e miglioramento delle metodologie di valutazione della vulnerabilità per le diverse tipologie costruttive (edilizia ordinaria, monumentale e storica, chiese), ai fini di una loro integrazione e armonizzazione.
- Sviluppo di modelli per la valutazione delle perdite indirette e delle conseguenze socio-economiche dei terremoti;

Il progetto SAVE è stato articolato in quattro task, relativi rispettivamente all'edilizia ordinaria, all'edilizia pubblica per l'istruzione e la sanità, l'edilizia monumentale, i sistemi urbani e infrastrutturali. I risultati del Progetto SAVE saranno illustrati attraverso quattro monografie di sintesi dei risultati di ciascun task, cui si aggiungono altre monografie specifiche su elaborazioni e metodologie che richiedono maggiori spazi per la loro esposizione.

Nel seguito vengono elencati i prodotti, ovvero i risultati e le metodologie che possono essere direttamente fruiti da parte del Dipartimento della Protezione Civile. I risultati, espressi mediante data base evoluti e mappe di vulnerabilità, potranno essere utilizzati per l'attuazione di politiche di prevenzione per l'intero territorio nazionale e per quei vasti ambiti territoriali (particolarmente per l'Italia meridionale) per i quali erano disponibili i dati di base. Le metodologie, messe a punto e ampiamente sperimentate su casi-studio significativi, potranno essere utilizzate in

futuro per le analisi da svolgere sulle diverse tipologie di elementi a rischio (edifici ordinari, edifici pubblici strategici, beni monumentali, sistemi infrastrutturali e urbani).

Prodotti attesi

Prodotto 1

Inventario delle distribuzioni tipologico strutturali del patrimonio edilizio (Task 1)

Descrizione: Il database dell'inventario delle distribuzioni tipologico strutturali del campione dei comuni per i quali i dati erano già disponibili da precedenti progetti GNDT-SSN (78 comuni) integrato con i dati aventi caratteristiche di completezza di altri progetti: LSU, rilievi post sisma degli ultimi eventi sismici dell'Umbria-Marche e del Pollino più altre campagne di valutazione di vulnerabilità svolte in varie regioni di Italia come in Sicilia, in occasione del progetto Catania a cura del GNDT o in Basilicata in occasione del progetto Potenza a cura dell'Università della Basilicata o in Campania nei paesi della cinta vesuviana e dei Campi Flegrei a cura del INGV-OV-GNDT-LUPT.

Il database dell'inventario delle tipologie strutturali del patrimonio edilizio ordinario dei comuni italiani su base ISTAT calibrato attraverso le elaborazioni statistiche sul campione ampliato (149).

Versione finale. Relazione descrittiva delle attività di raccolta ed integrazione dati, diagrammi e mappe di sintesi sia del campione di comuni analizzato sia del patrimonio edilizio a scala nazionale. CD con i dati di inventario.

Utilità per la Protezione Civile. Stima affidabile delle caratteristiche tipologico strutturali del patrimonio edilizio italiano utile ai fini della programmazione economica e strategica di interventi di riduzione del rischio.

Prodotto 2

Questionario informativo tipologico strutturale via web (Task 1)

Descrizione: Aggiornamento ed integrazione dello studio di caratterizzazione delle tipologie strutturali degli insediamenti italiani, frutto di precedenti esperienze di ricerca LUPT-GNDT-SSN attraverso la compilazione ex novo del protocollo guidato di intervista, sottoposto a tecnici degli Uffici Comunali competenti (via web).

E' stato realizzato un form di interrogazione via web che sfruttando le potenzialità offerte dalla rete abbatta tempi e costi nella raccolta di informazioni tipologiche strutturali dei Comuni italiani, mettendo a frutto le conoscenze, che numerosi tecnici locali hanno acquisito in anni di esperienza diretta in realtà tipologiche strutturali sempre più complesse.

Versione finale. CD con la procedura per la raccolta dati sulla caratterizzazione via web e valutazione dell'indice di qualità delle caratteristiche tipologiche a scala comunale.

Utilità per la Protezione Civile. Abbattere costi e tempi per l'aggiornamento e l'integrazione degli studi di caratterizzazione tipologico strutturale. Fornire un nuovo dbase per successive elaborazioni nell'ambito delle valutazioni di vulnerabilità sismica.

Prodotto 3

Atlante Multimediale (Task 1)

Descrizione: la integrazione tra le basi di dati e/o la raccolta di dati bibliografici su un numero significativo di parametri andranno a formare una un CD multimediale di caratterizzazione tipologico strutturale a scala nazionale sfruttando precedenti esperienze di ricerca LUPT-GNDT-SSN sulla caratterizzazione delle tipologie strutturali degli insediamenti italiani.

Versione finale: Antologia in formato ipertestuale, divisa per progetti di ricerca, che collazioni dati e materiali di origine diversa (mappe, fotografie, schede di vulnerabilità etc.) in un unico CD multimediale.

Utilità per la Protezione Civile: Costruire un'antologia multimediale che consenta una consultazione rapida e comparativa di SAVE e di precedenti esperienze di ricerca LUPT-GNDT-SSN già svolte nell'ambito della Vulnerabilità Sismica

Prodotto 4

Analisi delle funzioni di vulnerabilità attualmente in uso: DPM e Curve di Fragilità, confronto con metodi innovativi basati su tecniche meccanico-numeriche anche basate su approcci probabilistici (Task 1)

Descrizione. Si sono perfezionate le tecniche disponibili di assegnazione degli edifici alle classi di vulnerabilità. Partendo dalla Scala Macrosismica Europea che assegna le classi di vulnerabilità essenzialmente sulla base della struttura verticale si sono valutate le influenze di varie caratteristiche tipologiche: epoca di costruzione, orizzontamenti, numero di piani etc., su tale assegnazione attraverso elaborazioni statistiche sui danni agli edifici registrati in occasione di precedenti eventi. Le DPM implicite della EMS '98 sono confrontate con le DPM GNDT 2000 ricalibrate. Le classi di vulnerabilità confrontate con intervalli di Indici di Vulnerabilità sulla base di elaborazioni sui danni sismici. Trasformazione di DPM in curve di capacità. Miglioramento delle stime sintetiche operate con l'Indice di Vulnerabilità Comunale (IVC) introdotto nel precedente progetto GNDT '98-2000 attraverso l'introduzione dell'Indice Sintetico di Danno (SPD) che meglio approssima le distribuzioni centrali caratteristiche delle classi di vulnerabilità comunali; ciò è stato possibile anche grazie all'accresciuto campione di comuni a distribuzione tipologica nota, che ha consentito di migliorare la robustezza statistica delle distribuzioni tipologiche centrali di riferimento delle singole Classi di Vulnerabilità Comunali.

Versione finale. Relazione descrittiva delle attività di analisi, diagrammi delle elaborazioni statistiche effettuate e descrizione del modello di assegnazione alle classi di vulnerabilità comunali degli edifici ordinari in analisi di vulnerabilità. Descrizione della tecnica di valutazione dell'indice di vulnerabilità comunale.

Utilità per la Protezione Civile. Raffinamento delle tecniche di valutazione della vulnerabilità, fondamentale per le valutazioni di rischio propedeutiche a qualsiasi attività di prevenzione e/o di pianificazione di Protezione Civile.

Prodotto 5

Miglioramento degli strumenti di analisi della vulnerabilità e del danno mediante schede di ultima generazione (AEDES - MEDEA) (Task 1)

Descrizione. L'evento sismico di San Giuliano verificatosi all'indomani del meeting di avvio del progetto SAVE ha subito offerto l'occasione di sperimentare nuovi strumenti di raccolta dati ed analisi di vulnerabilità. Si sono apportate modifiche alla scheda AeDES che riguardano principalmente gli edifici in c.a., cui è stato dedicato uno specifico spazio nella sezione 3 contenente numerose informazioni, tra le quali: caratteristiche strutturali globali e locali, caratteristiche delle tamponature, dimensioni medie pilastri, ...). Inoltre, per quanto riguarda il rilievo dei danni, oltre alle tipiche modalità AeDES, si è stimato il danno in maniera globale sulla struttura e sui componenti principali secondo le indicazioni della Scala Macrosismica Europea del 1998 (EMS98). Inoltre si è introdotto e sperimentato anche un nuovo strumento di raccolta dati MEDEA derivato dal CD multimediale di addestramento alle verifiche di agibilità prodotto dal SSN e si sono eseguite analisi statistiche tese ad affinare le correlazioni tra tipo di danno e tipo di meccanismo di collasso, tra caratteristiche costruttive delle tipologie strutturali ed i meccanismi più frequenti, nonché a valutare le frequenze tra tipo di meccanismo di collasso - tipologia strutturale - livello di danno, al fine di offrire indicazioni sulla interpretazione della genesi di collasso totale. Introduzione di un Indice di Agibilità valutato attraverso il riconoscimento del grado di incipienza di meccanismi di collasso e correlazione di questo con l'indice complessivo di danno EMS.

Versione finale. Relazione sull'evento di San Giuliano con i risultati delle analisi di vulnerabilità, danno etc. condotte rappresentate mediante diagrammi, grafici e mappe ottenute anche mediante un GIS sviluppato ad-hoc.

Utilità per la Protezione Civile. Migliorare le valutazioni di agibilità in fase post sisma e migliorare le valutazioni speditive di vulnerabilità in fase di programmazione degli interventi di mitigazione.

Prodotto 6

Miglioramento delle valutazioni di vulnerabilità delle strutture in c.a. differenziate in classi tipologiche (Task1)

Descrizione. La complessità delle valutazioni di vulnerabilità degli edifici in c.a., legata all'importanza dei dettagli costruttivi e delle regole di progettazione usata

viene ridotta facendo riferimento a situazioni tipiche per epoca. In altre attività di ricerca svolte per conto del DPC, sono stati studiati, progetti di edifici in c.a. costruiti in varie epoche e in varie regioni, svolgendo estese analisi parametriche in campo non lineare. A partire da questi risultati, nell'ambito del presente progetto, si sono confrontati gli esiti della metodologia messa a punto nel Task 2 (v. prodotto 13) con i risultati dell'indagine numerica, per verificarne l'affidabilità nell'applicazione agli edifici ordinari.

Versione finale. Confronto tra la metodologia semplificata di valutazione della vulnerabilità degli edifici in c.a. e i risultati dell'indagine parametrica con simulazioni dinamiche in campo non lineare..

Utilità per la Protezione Civile. Migliorare la capacità di previsione della vulnerabilità degli edifici in c.a. con l'applicazione di metodologie a diversi livelli di dettaglio.

Prodotto 7

Mappe di vulnerabilità a scala nazionale (Task1)

Descrizione. Realizzazione di mappe di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio abitativo, espresse in termini di appartenenza dei Comuni a predefinite classi di vulnerabilità e/o assegnazione di un indice di vulnerabilità correlabile a funzioni di vulnerabilità.

Versione finale. Mappe tematiche in formato Arcview espresse sia per singola intensità che per indice sintetico.

Utilità per la Protezione Civile. Conoscenza della vulnerabilità a scala nazionale al fine di programmare interventi di mitigazione della vulnerabilità.

Prodotto 8

Mappe di rischio a scala nazionale (Task1)

Descrizione: Realizzazione di mappe di rischio sismico del patrimonio edilizio abitativo a scala nazionale con dettaglio Comunale. A tal fine si adoperano le analisi di pericolosità disponibili più aggiornate ed accreditate e/o di studi di pericolosità ad opera di progetti di ricerca in corso che rendessero disponibili i risultati.

Versione finale: Mappe tematiche di rischio di danno alle strutture ed alla popolazione in formato ArcView.

Utilità per la Protezione Civile: Conoscenza del rischio sismico a scala nazionale al fine di mitigazione e allocazione ottimale delle risorse.

Prodotto 9

Prime valutazioni delle perdite socio-economiche (Task1)

Descrizione. Per quanto attiene alle perdite sociali viene fornito un modello di valutazione delle casualties (vittime, feriti, senza tetto) fondato su funzioni di perdite attese che esprimono la probabilità di osservare danno alle persone condizionato ad un certo livello di danno strutturale.

Per le perdite economiche indirette si è messo a punto un modello di valutazione attraverso indicatori connessi all'andamento delle attività produttive nell'area dell'evento nelle fasi pre e post evento. Si sono considerati i dati relativi al caso studio dell'evento Umbria Marche '97.

Versione finale. Mappe di rischio espresse in termini di numero medio e massimo di vittime feriti e senza tetto. Relazione illustrativa del modello di perdita economica indiretta e risultati sul caso campione Umbria Marche.

Utilità per la Protezione Civile. Pianificazione di protezione civile e programmazione delle attività di mitigazione e allocazione delle risorse.

Prodotto 10

Analisi statistica delle caratteristiche tipologiche e di vulnerabilità dell'edilizia scolastica e sanitaria (Task 2)

Descrizione. Il database degli LSU, per le parti riguardanti l'edilizia per l'Istruzione e per la Sanità, è stato revisionato e sistematicamente elaborato al fine di ottenere una descrizione statistica delle principali caratteristiche strutturali dei singoli edifici.

Versione finale. Relazione descrittiva e diagrammi e mappe di sintesi del patrimonio edilizio dell'Istruzione e della Sanità censito nel progetto LSU.

Utilità per la Protezione Civile. Conoscenza approfondita del patrimonio edilizio pubblico dell'Italia Meridionale, per singole regioni e per singole province, utile ai fini delle attività di prevenzione.

Prodotto 11

Nuova metodologia di valutazione di vulnerabilità e rischio degli edifici per l'Istruzione e per la Sanità con struttura muraria, censiti con scheda GNDT 2° livello (Task 2)

Descrizione. È stato migliorato il modello di valutazione della vulnerabilità degli edifici in muratura basato sui dati della scheda di 2° livello degli LSU, per tener conto delle specifiche modalità di collasso in relazione alle caratteristiche strutturali che si possono desumere dai dati della scheda.

Versione finale. Algoritmo di valutazione della vulnerabilità per edifici in muratura per schede GNDT di 2° livello.

Utilità per la Protezione Civile. La metodologia è applicabile agli edifici censiti con scheda di 2° livello e la rielaborazione dei dati LSU fornisce una mappa di vulnerabilità ed una classifica di vulnerabilità degli edifici pubblici in muratura.

Prodotto 12

Nuova metodologia di valutazione di dettaglio della vulnerabilità e del rischio sismico degli edifici pubblici (particolarmente delle scuole) in muratura (Task 2)

Descrizione. La metodologia fornisce una stima, basata sulla conoscenza della geometria degli elementi strutturali ed una stima dei valori di resistenza dei materiali basata su prove sperimentali, della vulnerabilità e del rischio sismico di edifici il cui collasso avviene per meccanismi a taglio, tipologia che rappresenta la maggioranza degli edifici pubblici, particolarmente di quelli scolastici, decisamente più affidabile delle stime eseguite con i classici approcci a indice di vulnerabilità, e perciò più adatta a valutazioni puntuali. La metodologia è stata testata su un vasto campione di edifici scolastici (circa 150).

Versione finale. Software di calcolo, in forma di foglio elettronico preprogrammato, di facile uso.

Utilità per la Protezione Civile. La metodologia può essere utilizzata, dal DPC e dagli enti proprietari, ai fini delle attività di prevenzione ai sensi dell'Ord. 3274, per arrivare ad una classifica di rischio basata su un approccio intermedio tra il livello 0 e il livello 1 o 2, tenuto conto che i costi di valutazione ai livelli superiori sono troppo elevati per una loro applicazione sistematica e che il livello 0 fornisce stime troppo rudimentali ai fini di una definizione delle priorità.

Prodotto 13

Nuova metodologia di valutazione di dettaglio della vulnerabilità e del rischio sismico degli edifici pubblici (particolarmente delle scuole) in c.a. (Task 2)

Descrizione. La metodologia fornisce una stima, basata sulla conoscenza della geometria e delle armature degli elementi strutturali ed una stima dei valori di resistenza dei materiali basata su prove sperimentali, della vulnerabilità e del rischio sismico di edifici il cui collasso avviene per meccanismi di piano, tipologia che rappresenta la maggioranza degli edifici pubblici progettati per soli carichi verticali, dunque a maggior rischio, decisamente più affidabile delle stime eseguite con i classici approcci tipologici o a indice di vulnerabilità, e perciò più adatta a valutazioni puntuali.

Versione finale. Software di calcolo, in forma di foglio elettronico preprogrammato, di facile uso.

Utilità per la Protezione Civile. La metodologia può essere utilizzata, dal DPC e dagli enti proprietari, ai fini delle attività di prevenzione ai sensi dell'Ord. 3274, per arrivare ad una classifica di rischio basata su un approccio intermedio tra il livello 0 e il livello 1 o 2, tenuto conto che i costi di valutazione ai livelli superiori sono

troppo elevati per una loro applicazione sistematica e che il livello 0 fornisce stime troppo rudimentali ai fini di una definizione delle priorità.

Prodotto 14

Mappe di rischio degli edifici per l'Istruzione e per la Sanità con struttura muraria, censiti con scheda GNDT 2° livello (Task 2)

Descrizione. Mappa e classifica del rischio sismico degli edifici pubblici per l'Istruzione e per la Sanità.

Versione finale. Mappa di rischio e database con la classifica di rischio.

Utilità per la Protezione Civile. La mappa di rischio può essere utilizzata ai fini della prevenzione, per stabilire livelli di riduzione del rischio compatibili con i programmi di prevenzione e i relativi stanziamenti.

Prodotto 15

Metodologia di analisi della vulnerabilità sismica dei monumenti (Task 3)

Descrizione. Sulla base delle esperienze già acquisite, in letteratura o in altri progetti GNDT, e di modelli sviluppati nel Progetto SAVE, è stato definito un nuovo impianto metodologico per l'analisi di vulnerabilità dei monumenti, suddiviso per metodo (macrosismico o meccanico) e livello di approfondimento (tre livelli).

Versione finale. Monografia che illustra la metodologia, come insieme di modelli di diversa natura e dettaglio, da utilizzarsi sulla base del tipo di scenario di pericolosità e dei dati disponibili o che possono essere acquisiti tramite schedatura.

Utilità per la Protezione Civile. La metodologia può essere applicata con dati di diverso dettaglio, producendo risultati confrontabili; è quindi particolarmente efficace per operare a vasta scala, con data-base di diversa origine.

Prodotto 16

Analisi della vulnerabilità e del danno atteso per i beni monumentali presenti nei Parchi Naturali dell'Italia Meridionale (Task 3)

Descrizione. A partire dal rilievo effettuato dai L.S.U. nell'ambito del Progetto Parchi, è stata valutata la vulnerabilità di oltre 15000 monumenti, utilizzando un modello sviluppato nell'ambito del Progetto, che porta alla definizione di un indice di vulnerabilità. Utilizzando le carte di pericolosità disponibili, sono state valutate le perdite.

Versione finale. Tabelle degli indici di vulnerabilità e dei danni attesi per oltre 15000 monumenti nell'Italia Meridionale; relative mappe a scala territoriale.

Utilità per la Protezione Civile. La lista dei monumenti e della loro vulnerabilità rappresenta uno strumento di pianificazione, utile per l'allocazione di risorse e la programmazione di interventi di mitigazione del rischio a scala territoriale.

Prodotto 17

Scheda di vulnerabilità e danno per le chiese (modello macrosismico) (Task 3)

Descrizione. A seguito del terremoto che ha colpito il Molise nell'autunno 2002, è stato effettuato un rilievo accurato del danno alle chiese (oltre 200), che ha portato ad una radicale ridefinizione della scheda di rilievo messa a punto in occasione del terremoto dell'Umbria-Marche (1997). La nuova scheda consente di meglio descrivere il danno e stimare la vulnerabilità, attraverso uno strumento utilizzabile in chiese di diversa tipologia ed area geografica.

Versione finale. Scheda di rilievo e relativo software di archiviazione dei dati raccolti, con elaborazione dell'indice di vulnerabilità e di danno.

Utilità per la Protezione Civile. Strumento applicabile sia nell'emergenza sismica, per il rilievo del danno alle chiese (già sperimentato in molte occasioni), sia in fase preventiva, per una conoscenza della vulnerabilità delle chiese presenti in un certo territorio.

Prodotto 18

Elaborazione statistica di dati rilevati dal Ministero Beni Culturali (Task 3)

Descrizione. Nell'ambito del progetto sono stati acquisiti numerosi dati di rilievo dei danni ai monumenti, relativi al terremoto dell'Irpinia (1980) e dell'Umbria-Marche (1997). I dati si riferiscono non solo a chiese, tipologia per la quale sono già disponibili dati di rilievo del danno molto accurati, ma anche ad altre tipologie di beni monumentali. L'analisi statistica di tali dati ha consentito di validare i modelli di vulnerabilità sviluppati e/o proposti nell'ambito di questo progetto.

Versione finale. Elaborazione di DPM (matrici di probabilità di danno) e proposta di indici di vulnerabilità per diverse tipologie di beni monumentali.

Utilità per la Protezione Civile. Validazione dei modelli di vulnerabilità sulla base della vulnerabilità osservata.

Prodotto 19

Modelli meccanici semplificati per l'analisi di vulnerabilità dei macroelementi (Task 3)

Descrizione. Il collasso delle strutture monumentali si verifica, in genere, attraverso meccanismi che interessano parti distinte della costruzione, denominate macroelementi (facciata, arco trionfale, cella campanaria, elementi sveltanti, ecc.). In questi casi è possibile valutare la risposta sismica attraverso modelli meccanici semplificati, basati sull'analisi limite dell'equilibrio. E' stata sviluppata una

procedura che consente di modellare e valutare il danno atteso per alcune tipologie di macroelementi.

Versione finale. Modello di vulnerabilità (procedura per la valutazione della curva di capacità, definizione degli stati limite di danno, risposta ad input spettrale, curve di fragilità). Applicazione esemplificativa a diversi macroelementi.

Utilità per la Protezione Civile. Modello di vulnerabilità di livello più elevato, applicabile ai monumenti in un'area di estensione limitata, a valle di uno specifico rilievo di vulnerabilità, con acquisizione di qualche dato geometrico.

Prodotto 20

Vulnerabilità delle reti stradali ed idrauliche nei Centri Urbani (Task 4)

Descrizione. Allo scopo di effettuare il censimento delle reti nei Centri Urbani, nel Progetto LSU-Infrastrutture sono state messe a punto diverse schede di censimento di Vulnerabilità per le diverse reti: stradale, idraulica, fognaria, del gas, ferroviaria. Esse si basano sul rilievo diretto delle caratteristiche dei rami e dei nodi di ogni rete. Tali schede, ritenendo che le reti stradali ed idrauliche siano le più significative per il danno prodotto a seguito di un evento ed in fase di emergenza, sono state rielaborate associando ad esse un modello di valutazione della vulnerabilità basato sulle caratteristiche di uso, geometriche e fisico-meccaniche dei vari parametri che descrivono i rami ed i nodi.

Versione finale. Viene fornito, insieme alla maschera di inserimento delle schede di censimento, un modello che valuta in automatico la vulnerabilità di rami e nodi, quindi la vulnerabilità dell'intera rete. Il procedimento viene tarato, per le reti stradali e le reti idrauliche di un Centro di media grandezza, seguendo un percorso diverso di valutazione, basato su approccio probabilistico alla Montecarlo.

Utilità per la Protezione Civile. Risposta ad un evento sismico in termini di danni attesi delle reti più significative di Centri Urbani di piccola e media ampiezza (fino a 10.000 abitanti), che costituiscono la maggior parte dei Centri Urbani esistenti, per la formulazione di scenari di rischio e per la fase di emergenza.

Prodotto 21

Analisi statistica delle reti di Centri Urbani, in relazione al territorio (Task 4)

Descrizione. La scelta dei Centri Urbani, sui quali si è svolto il censimento di vulnerabilità delle reti, è stata fatta per un campione significativo, basato su alcuni parametri (sismicità, popolazione, affollamento, altitudine, ecc.). Sulla base dei dati del censimento, viene svolta una analisi statistica delle reti rilevate per i diversi Centri, basata sui criteri di valutazione della vulnerabilità messa a punto nel precedente prodotto, al fine di valutare le caratteristiche medie dei centri indagati in relazione al territorio.

Versione finale. Viene fornito un set di criteri di valutazione di tipo statistico, con un programma informatizzato che fornisce in uscita diversi confronti tra le caratteristiche di vulnerabilità di rami e nodi delle reti dei Centri.

Utilità per la Protezione Civile. Valutazione in relazione ad un'area di interesse, sub-regionale o provinciale, della capacità di risposta delle reti di Centri Urbani, in relazione alle diverse caratteristiche del territorio analizzato.

Prodotto 22

Vulnerabilità complessiva (vulnerabilità urbana) dei Centri Urbani (Task 4)

Descrizione. Nel corso degli stessi Progetti LSU, svolti dal GNDDT negli anni 1996-2001, è stata messa a punto la scheda di censimento di tutte le caratteristiche di vulnerabilità urbana: formazione storica, caratterizzazione morfologica ed insediativa, caratterizzazione funzionale, valore storico e monumentale, entità e caratteristiche dell'edificato, presenza di edificato storico, di edifici pubblici e strategici per le funzioni di Protezione Civile, caratterizzazione del Centro con alcuni indicatori di vulnerabilità urbana; il rilievo è stato esteso a molti Centri delle sette regioni dell'Italia meridionale ed ha riguardato la raccolta diretta dei dati e la loro rappresentazione su cartografia aerofotogrammetrica. Su tale base di dati è stata svolta una analisi delle caratteristiche di vulnerabilità del Centro, a cui è stato associato un modello di vulnerabilità, basato su parametri fisici e non, e tarato su centri danneggiati da eventi sismici recenti.

Versione finale. Viene fornito, insieme alla maschera di inserimento della scheda di vulnerabilità, un modello che valuta in automatico la vulnerabilità del Centro Urbano così come viene dedotta dai parametri della scheda.

Utilità per la Protezione Civile. Risposta in termini di danni attesi ad un evento sismico della struttura e della organizzazione di un Centro Urbano di piccola e media ampiezza (fino a 10.000 abitanti), dato innovativo ed utile per la formulazione di scenari di rischio e per la fase di emergenza.

Prodotto 23

Rappresentazione in GIS delle caratteristiche globali di vulnerabilità di un Centro Urbano (Task 4)

Descrizione. Sulla base dei modelli relativi ai precedenti prodotti, vengono rappresentate in GIS, su ortofoto di un Centro campione, le caratteristiche della vulnerabilità fisica di "oggetti", riguardanti le reti stradale ed idrica, l'edilizia corrente e gli edifici pubblici e strategici, mediante tematismi sovrapposti all'immagine del Centro. In relazione a tali "oggetti" si può ottenere la mappatura di vulnerabilità di aree sotto-insieme del Centro stesso, di iso-vulnerabilità, nonché la ricerca dei percorsi "sicuri" in fase di emergenza.

Versione finale. Viene fornito, per un Centro Urbano campione, il GIS con gli "oggetti descritti", un programma di interrogazione per la selezione dell'area sotto-

insieme del Centro, di cui valutare e mappare la vulnerabilità, nonché una routine per la ricerca di percorsi sicuri, tra due punti selezionati, in fase di emergenza.

Utilità per la Protezione Civile. Valutazione immediata e diretta, da parte di un operatore di Protezione Civile, di una serie di problematiche in fase di emergenza, riguardanti la scelta di aree di minore vulnerabilità, percorsi sicuri ed, in generale, la risposta fisica di “oggetti” vulnerabili mediante mappatura all’interno dei Centri.

Prodotto 24

Proposta di un modello di rischio di un Centro Urbano (Task 4)

Descrizione. E' uno dei problemi più complessi la individuazione del danno e delle perdite attese, in una parola del rischio, per una realtà complessa come quella di un Centro Urbano, dove concorrono parametri di carattere fisico, funzionale, economico, organizzativo ed amministrativo, non indipendenti tra loro; si è svolto un tentativo di riportare ad un modello semplice una realtà complessa, contribuendo ad un genere di studi, basati comunque su modelli di carattere logico-matematico.

Versione finale. Viene fornito un modello-tentativo di perdite e danni complessivi dei Centri Urbani, riportando al comportamento di sistema, variabili e parametri spesso di carattere aleatorio. Del Centro Urbano viene evidenziata, tra gli altri parametri, la perdita del “valore” storico e storico-artistico, che ha caratterizzato le perdite di molti centri italiani a seguito di recenti eventi sismici.

Utilità per la Protezione Civile. Valutazione del rischio dei Centri Urbani, connesso alle analisi di vulnerabilità svolte con i precedenti prodotti; scenari di danno e perdite in fase di emergenza; correttivi, strutturali e non, da apportare, per evitare la perdita di capacità complessiva di risposta di un Centro Urbano.

Revisione dei fondamenti teorici e sperimentali delle stime di hazard a scala nazionale

Coordinatore: Prof. Paolo Gasperini

Scopo del Progetto

A causa delle successive variazioni dello stato di approvazione del progetto (inizialmente annuale con ulteriore riproposizione biennale) le sue finalità si sono a loro volta evolute nel tempo. Nella sua formulazione iniziale esso prevedeva la completa revisione delle stime di *hazard* a scala nazionale con l'utilizzo sia di tecniche classiche che di tipo innovativo. In seguito al considerevole ridimensionamento del finanziamento è stato deciso, anche seguendo i suggerimenti dei *referees*, di limitare gli obiettivi ad alcune aree di ricerca propedeutiche alla stima di *hazard* vera e propria. Questo ha limitato a sole quattro le task attive al momento attuale delle oltre quindici presenti nel progetto originale. Esse sono (la numerazione è riferita al progetto originale):

- Task 1A - Catalogo sismico storico (Resp. Gasperini/Guidoboni).
- Task 6C - Tomografia dell'intensità ed effetti di sito (Resp. Gasperini).
- Task 5 - Statistica delle sorgenti sismiche e completezza dei cataloghi (Resp. Marzocchi).
- Task 7 - Meccanismi focali (Resp. Gasperini).

Nel corso del primo anno del progetto sono state attive inoltre:

- Task 3 - Modello sismogenetico (Resp. Valensise).
- Task 6A - Tomografia velocità sismiche (Resp. Morelli).
- Task 6B - Tomografia attenuazione onde sismiche (Resp. Mele).
- Task 9A - Misure geodetiche (Resp. Riguzzi).

Nel corso del progetto (in particolare durante il primo e l'ultimo anno) sono anche state parzialmente attive le task relative alla sismicità strumentale (2A e 2B) i cui risultati, assieme a quelli delle task 1A, 6C e 7 sono stati largamente impiegati dalla recente iniziativa INGV per la revisione della mappa delle zone sismiche a fronte dell'ordinanza PDC 3274 del 20 marzo 2003.

In seguito alla sua riformulazione, il progetto si è dedicato principalmente a sviluppare strumenti conoscitivi utili per le valutazioni di *hazard* tradizionali e innovative con particolare attenzione alla revisione e validazione dei dati sismici storici e strumentali, alla valutazione dei tassi di deformazione sismica e geodetica, alla formulazione e verifica di modelli statistici di occorrenza dei terremoti e alla modellazione delle variazioni regionali (tomografia) e locali (effetti di sito) delle proprietà di attenuazione delle onde sismiche.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Catalogo sismico strumentale dei terremoti italiani dal 1981 al 1996 (Versioni 1.0 e 1.1)

Descrizione. Mentre la prima versione (1.0 pubblicata nel 2001) era il frutto principalmente delle attività svolte nell'ambito di precedenti progetti GNDT la nuova versione 1.1, che ha rappresentato il riferimento di base per la citata iniziativa di revisione della mappa di pericolosità, è stata interamente sviluppata all'interno del presente progetto. In questa nuova versione sono state corrette in particolare le localizzazioni di eventi ai margini della rete nazionale ed è stata rivista la stima della magnitudo locale.

Versione finale. La prima versione è stata distribuita su CD-ROM ed è anche disponibile in rete all'indirizzo: http://gndt.ingv.it/Banche_dati/Banche_dati_home.htm. La nuova versione del catalogo sarà resa disponibile all'accesso in rete ed eventualmente su CD-ROM entro il termine del progetto.

Utilità per la Protezione Civile. Si tratta di dati di base indispensabili per la formulazione di qualsiasi stima di *hazard* sia tradizionale che innovativa.

Prodotto 2

Catalogo parametrico dei terremoti italiani, Versione 2004 (CPTI04)

Descrizione. Questo prodotto è il frutto della collaborazione tra vari progetti coordinati del PQ (soprattutto Amato/Selvaggi) e non solo di questo progetto. Si tratta di un catalogo integrato storico/strumentale esteso al 2002 con magnitudo ricalcolata in modo omogeneo e predisposto per l'utilizzo con diverse leggi di attenuazione. L'attuale versione è stata utilizzata per la recente revisione della mappa sismica ed è previsto il completamento di una ulteriore versione entro i primi mesi del 2005.

Versione finale. Il catalogo e la documentazione relativa sono disponibili in rete all'indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>.

Utilità per la Protezione Civile. Questo prodotto rappresenta il catalogo sismico di riferimento per le valutazioni di *hazard* in Italia.

Prodotto 3

Database macrosismico integrato

Descrizione. Consiste nel catalogo dei risentimenti macrosismici italiani sulla base del quale sono state eseguite le elaborazioni di localizzazione e calcolo della magnitudo macrosismica utilizzate per il CPTI04 (prodotto 2). Si tratta anche in questo caso del frutto della stretta collaborazione con altri progetti GNDT. Esso include attualmente circa 70000 stime indipendenti di intensità.

Versione finale. La versione definitiva sarà disponibile nei primi mesi del 2005 anche se a richiesta ne può essere fornita una preliminare.

Utilità per la Protezione Civile. Dati di base indispensabili per la produzione del catalogo storico italiano.

Prodotto 4

Database of Earthquake Mechanisms of the European Area (EMMA)

Descrizione. È una raccolta di soluzioni focali ricavate dalla letteratura che viene gestita da una applicazione in ambiente MS-Access. Inizialmente era stato pensato per raccogliere i dati dei meccanismi focali italiani e delle aree circostanti poi l'area di interesse è stata estesa a comprendere l'intera area Mediterranea (dalla dorsale medio-atlantica all'Iran). Contiene attualmente 5100 meccanismi (esclusi i CMT di Harvard e i RCMT dell'INGV e ETH) relativi a circa 3.400 terremoti distinti. I parametri di tutti i meccanismi sono stati controllati per consistenza e, in caso di errori, corretti quando possibile. Viene inoltre effettuata la scelta, sulla base di criteri obiettivi, del migliore tra i meccanismi disponibili.

Versione finale. La prima versione è stata pubblicata su una rivista internazionale nel 2003 e è prevista la pubblicazione di una seconda per l'estate 2004. Un CD-ROM contenente l'applicazione MS-Access, i dati e la documentazione sarà allegata ad un numero speciale della rivista *Annals of Geophysics* in stampa nell'agosto 2004.

Utilità per la Protezione Civile. Le informazioni contenute permettono di estendere all'indietro nel tempo e verso le basse magnitudo le conoscenze sullo stile tettonico del rilascio sismico in Italia e nelle aree circostanti. La prima versione è stata utilizzata dal Task Zonazione sismogenetica ZS9, nell'ambito delle attività per la revisione della mappa sismica italiana.

Prodotto 5

Database dei meccanismi CMT regionali

Descrizione. E' una raccolta di tensori momento calcolati utilizzando registrazioni *broad band* regionali (in gran parte fornite dalla rete MEDNET dell'INGV). Include eventi di magnitudo compresa tra 4.5 e 5.5 normalmente non calcolati dal gruppo Harvard CMT. La versione attuale comprende terremoti avvenuti tra il 1997 e il 2002. Recentemente è stata avviata un'analisi retrospettiva dei dati disponibili precedenti al 1997 e quando possibile il calcolo dei meccanismi. Le attività relative sono supportate principalmente dall'INGV.

Versione finale. Il catalogo è disponibile in rete all'indirizzo: <http://www.ingv.it/seismoglo/RCMT/>. È prevista entro breve la pubblicazione dei meccanismi del 2003 e precedenti al 1997. Una versione aggiornata dei dati sarà inclusa in un CD-ROM allegato al citato numero speciale di *Annals of Geophysics*.

Utilità per la Protezione Civile. Valgono le stesse considerazioni fatte per il prodotto precedente: anche tali dati sono stati utilizzati nell'ambito delle attività per la revisione della mappa sismica italiana.

Prodotto 6

Repertorio di mappe di momenti tensori cumulati per l'area mediterranea

Descrizione. È il risultato dell'applicazione del metodo di Kostrov ad un database integrato comprendente dati da letteratura (Prodotto 4) i meccanismi CMT di Harvard e i cataloghi di tensori momento INGV (Prodotto 6) e ETH. Le mappe rappresentative della distribuzione della sismicità e dei tensori momento cumulati in Italia e in altre 6 aree mediterranee sono commentate dal punto di vista delle conseguenze cinematiche per fornire un quadro complessivo dello stato di deformazione sismica.

Versione finale. Sarà pubblicato nel citato numero speciale di *Annals of Geophysics*. Saranno resi accessibili; attraverso mappe sensibili, repertori di mappe con meccanismi cumulati e direzioni delle componenti orizzontali degli assi P e T nonché raccolte di schede di confronto per zona e su griglia regolare con passo di un grado.

Utilità per la Protezione Civile. Valgono considerazioni analoghe a quelle dei due punti precedenti.

Prodotto 7

Studio delle modalità di attenuazione dell'intensità macrosismica in Italia

Descrizione. Utilizzando il database macrosismico integrato preliminare (prodotto 3), sono state studiate le modalità di attenuazione dell'intensità macrosismica sia con modelli omogenei isotropi che con modelli tomografici bi-dimensionali. Il modello preferito include un termine bilineare che tiene conto della dissipazione anelastica a breve (< 45 km) e media distanza, un termine logaritmico che considera lo *spreading* geometrico ed un termine correttivo dell'intensità epicentrale. Le variazioni spaziali osservate dei coefficienti legati all'anelasticità mostrano un ottimo accordo con la mappa del flusso di calore superficiale. Questo risultato indica che l'intensità, pur essendo basata su dati qualitativi, è un indicatore affidabile delle proprietà di propagazione delle onde sismiche ed in particolare dei moti forti (*strong motion*) e quindi può essere utilizzata per calibrare gli andamenti regionali delle leggi di attenuazione anche per i parametri strumentali (PGA, ordinate spettrali ecc).

Versione finale. Una prima versione dello studio, che non include i termini di *spreading* e di intensità è stata già pubblicata su riviste internazionali. E' attualmente in corso di completamento il nuovo studio definitivo.

Utilità per la Protezione Civile. La mappa delle anomalie di attenuazione in intensità può essere utilizzata direttamente in stime di *hazard* in termini di tale parametro per ridurre le incertezze legate all'attenuazione. Inoltre, combinando opportunamente tali risultati con i dati disponibili in termini di parametri strumentali potrebbe essere analogamente utilizzata anche per mappe in termini di PGA.

Prodotto 8

Previsione dell'andamento temporale delle repliche sismiche in Italia

Descrizione. Sulla base di un semplice modello di occorrenza delle repliche sismiche che combina le leggi di Gutenberg-Richter e Omori sono stati calcolati i parametri medi validi per l'Italia e per alcune sotto regioni italiane. Sono stati anche costruiti dei nomogrammi che forniscono, in funzione della magnitudo della scossa principale, il numero di repliche attese e la probabilità di forti repliche.

Versione finale. Un primo lavoro è stato pubblicato su una rivista internazionale nel 2002. Altri due lavori riguardanti l'evoluzione del modello di occorrenza sono in corso di completamento e saranno sottomessi per pubblicazione a riviste internazionali.

Utilità per la Protezione Civile. I nomogrammi delle probabilità di occorrenza e del numero di scosse attese possono essere utilizzati per valutare speditivamente il rischio di forti repliche dopo un forte terremoto a fini di protezione civile.

Prodotto 9

Mappa della probabilità di occorrenza di forti terremoti in Italia a breve e medio termine

Descrizione. È stata studiata la distribuzione spaziale della frequenza di occorrenza di forti terremoti in Italia sulla base di un modello di *hazard time-dependent* che ammette anche ipotesi diverse dalla distribuzione poissoniana come il *clustering* e il *gap*. Il processo di occorrenza prevalente nel breve e medio termine (10-30 anni) risulta essere il *clustering*. Sulla base del modello stimato sono state calcolate le probabilità di occorrenza a 1 e 10 anni. Questo modello potrebbe ribaltare la visione prevalente dell'approccio al calcolo della probabilità che attualmente si basa su modelli poissoniani integrati in qualche caso da zone a terremoto caratteristico o a tempo di occorrenza prevedibile.

Versione finale. Un primo studio è stato pubblicato su una rivista internazionale ma sono in corso di completamento ulteriori approfondimenti.

Utilità per la Protezione Civile. L'utilizzo di un modello di occorrenza più accurato può fornire stime di pericolosità più affidabili. Inoltre l'elevata probabilità di raggruppamento spazio-temporale potrebbe indicare la necessità di modificare le misure di protezione da attuare dopo un forte terremoto.

Prodotto 10

Nuove versioni del codice di calcolo Boxer per la determinazione dei parametri di sorgente dei terremoti storici

Descrizione. Sono state predisposte due nuove versioni del codice Boxer usato correntemente per la determinazione dei parametri di sorgente dei terremoti storici. La prima, già utilizzata nell'ambito dell'iniziativa per la revisione della mappa sismica, migliora la precisione delle stime di magnitudo, mentre la seconda permette la più corretta localizzazione di eventi avvenuti in aree marine.

Versione finale. Le versioni definitive saranno rese disponibili come le precedenti presso il sito: <http://ibogfs.df.unibo.it/user2/paolo/www/boxer/boxer.html>.

Utilità per la Protezione Civile. Si tratta di strumenti che migliorano la precisione dei parametri dei terremoti storici che, come è noto, costituiscono la grande maggioranza della base informativa utilizzata per le stime di *hazard*.

Prodotto 11

Studio comparativo tra misure strumentali, simulazioni numeriche e dati macrosismici della risposta sismica nel centro storico di Firenze

Descrizione. In uno studio precedente erano state studiate le variazioni spaziali dell'intensità macrosismica risentita in occasione dei terremoti del 1895 all'interno del centro storico di Firenze. Questi dati sono stati confrontati con misure di rapporti spettrali H/V e con i risultati di simulazioni 1 D basate su un modello numerico digitale della superficie di campagna e del basamento e su misure di velocità sismiche.

Versione finale. Il lavoro di acquisizione dei dati è terminato, l'analisi comparativa sarà completata entro il termine del progetto e pubblicata su riviste internazionali.

Utilità per la Protezione Civile. Oltre a fornire un modello dettagliato della risposta sismica per la città di Firenze, sede tra l'altro di un inestimabile patrimonio artistico e monumentale, questo studio rappresenta un'occasione di validazione di diverse tecniche di microzonazione sismica che può essere di grande utilità anche in altre simili realtà urbane.

Prodotto 12

Analisi della correlazione tra residui di località (in termini di intensità macrosismica) e caratteristiche litologiche e topografiche dei siti

Descrizione. I residui di intensità per località risultanti dallo studio topografico di attenuazione (prodotto 7) sono stati messi in relazione con le caratteristiche della litologia superficiale e della topografia dedotte in maniera speditiva dalla cartografia. Alcune combinazioni litologia-topografia mostrano deviazioni dal comportamento medio statisticamente significative. È anche stato analizzato l'andamento temporale dei residui sia a livello complessivo che in alcune

specifiche località, per verificare l'omogeneità delle stime macrosismiche. I dati complessivi precedenti al 1800 mostrano una tendenza significativa ad una maggiore amplificazione che potrebbe essere legata ad una sovrastima delle intensità.

Versione finale. Il lavoro è ancora in corso di completamento, si spera di concluderlo entro il termine del progetto. Sarà sottomesso ad una rivista internazionale per la pubblicazione.

Utilità per la Protezione Civile. Questo studio fornisce un mezzo per valutare su un ampio campione di siti la relazione tra amplificazione locale e caratteristiche litologiche e topografiche. I risultati possono essere utilizzati per correggere, per gli effetti locali, le stime di pericolosità, normalmente riferite a siti neutri.

TEMA 2

SIMULAZIONE DI EVENTI SISMICI E SCENARI DI DANNO IN AREE URBANE

Introduzione

Sono stati creati scenari di scuotibilità e di danno per cinque zone del territorio nazionale:

- Veneto e Friuli Venezia Giulia.
- Liguria occidentale.
- Umbria.
- Campania (Beneventano).
- Sicilia orientale (Catanese).

Mentre i Progetti coordinati da Cosenza, Ruscetti, Lagomarsino e Maugeri riguardano prevalentemente degli scenari di danno, il progetto coordinato da Cocco tende a definire scenari di scuotibilità basati prevalentemente su dati geofisici e geologici.

Gli scenari di danno sono stati affrontati con approcci diversificati che vanno dalle analisi di pericolosità sismica e scenari di scuotimento, a studi più integrati che vedono coinvolte sia discipline geofisiche, geologiche, geotecniche che l'ingegneria strutturale, mirate alla riduzione della vulnerabilità sismica dell'ambiente costruito (Progetto coordinato da Cosenza e Progetto coordinato da Ruscetti), nonché di scenari mirati alla conservazione dei centri storici (Progetto coordinato da Lagomarsino) e di aree urbane (Progetto coordinato da Maugeri).

Particolare rilevanza dal punto di vista della vulnerabilità sismica dell'ambiente costruito appare il Progetto coordinato da Cosenza che sintetizza compiutamente tutte le conoscenze a livello territoriale.

Per quanto riguarda i centri storici, di particolare interesse sono risultati gli studi sulla vulnerabilità sismica delle murature storiche, con indagini in sito (Progetto coordinato da Lagomarsino e Progetto coordinato da Marchetti).

Al tema 2 può essere associato parzialmente anche il Progetto coordinato da Marchetti che era stato inizialmente inserito integralmente nel tema 4, per la sua rilevanza nella determinazione di un database relativo all'analisi dettagliata condotta su ogni edificio dei quattro comuni di Montesanto, Roccanolfi, Campi Alto e Castelluccio di Norcia (PG).

Sviluppo e confronto di metodologie per la valutazione della pericolosità sismica in aree sismogenetiche: applicazione all'Appennino Centrale e Meridionale

Coordinatore: Dott. Massimo Cocco

Scopo del Progetto

Il progetto si propone di sviluppare e confrontare diverse metodologie numeriche proposte per simulare le serie temporali del moto del suolo durante terremoti moderati e forti utili a predire accuratamente scenari di scuotimento in determinate aree sismogenetiche. Un confronto sistematico ed accurato non solo tra le serie temporali simulate, che include la successiva verifica della riproducibilità del dato osservato (anche weak motion), ma anche tra i valori caratteristici della scuotibilità (valori di picco, durate, larghezza di banda, valori spettrali) ottenuti dai sismogrammi sintetici con quelli risultanti da leggi di regressione empiriche, ci permette di chiarire il livello di applicabilità e di qualità di tali metodi di previsione.

Il Progetto si propone di analizzare dal punto di vista metodologico anche tutti quegli aspetti che concorrono con un diverso grado di conoscenza all'elaborazione di uno scenario di scuotimento, quali l'individuazione della posizione, geometria e meccanismo di rottura di faglie attive e la determinazione degli effetti associati alla propagazione delle onde sismiche (modello crostale, attenuazione anelastica, effetti associati alla geologia superficiale dei siti) e le indagini atte a definire le caratteristiche della struttura geologica delle aree investigate.

Le aree campione selezionate in questo progetto sono ubicate nella fascia appenninica centro-meridionale. Queste aree, dove le metodologie per la stima dello scuotimento verranno verificate e validate, sono suddivise in due classi: la prima è denominata training area, e comprende quelle aree dove è garantito un livello di conoscenze adeguato sia sulle caratteristiche geometriche e dinamiche delle sorgenti sismiche sia sulla struttura crostale (parametri elastici ed anelastici), e dove esiste la disponibilità di dati strumentali strong e weak motion che consentano il confronto con le simulazioni numeriche. La seconda classe, denominata testing area, comprende quelle zone sismogenetiche dove non sono disponibili dati strumentali ma in cui si vogliono applicare le tecniche di simulazione sviluppate, calibrate e validate nelle aree training. L'area training selezionata è quella della zona di Colfiorito, dove è avvenuta la sequenza Umbro-Marchigiana (1997-98) ($M_w \leq 6$); Le aree test prescelte comprendono invece la zona di Città di Castello e della Val d'Agri. Gli obiettivi particolari del progetto possono essere così sintetizzati:

- Caratterizzazione delle Sorgenti Sismiche.
- Caratterizzazione della Struttura Crostale.
- Studio delle Leggi di Attenuazione.
- Calcolo di Sismogrammi Sintetici.
- Convoluzione per l'effetto di sito
- Verifica e Validazione dei Risultati ottenuti.

Il piano di lavoro inizialmente previsto e descritto sinteticamente in queste righe è stato implementato ed aggiornato durante il progetto. In particolare, sono stati svolti studi che non erano stati garantiti nella proposta iniziale. Questi studi riguardano il calcolo di **Mappe di Pericolosità** a scala regionale per l'Umbria e per l'Appennino Meridionale, l'utilizzo delle Empirical Green's Functions per la simulazione delle serie temporali del moto del suolo e l'elaborazione di un modello 3-D della zona di Colfiorito che è stato utilizzato per il calcolo di uno scenario di scuotimento con un metodo deterministico di calcolo dei sismogrammi sintetici. Queste attività sono utili sia per valicare e verificare gli scenari di scuotimento elaborati nel progetto sia perché garantiscono prodotti innovativi ed originali per la valutazione della pericolosità sismica di un'area.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Esperimento di acquisizione dati a Città di Castello

Descrizione. La campagna di acquisizione di dati sismologici effettuata nell'ambito del progetto ha permesso la raccolta di un prezioso data set che comprende registrazioni di terremoti (weak motion) e misure di rumore per la valutazione della risposta sismica locale.

Versione finale. Verrà consegnato un CD-ROM con tutte le forme d'onda degli eventi registrati, con un elenco degli eventi e con le loro localizzazioni, le registrazioni di rumore, una mappa della rete ed una sintetica relazione che descrive l'esperimento di acquisizione, il data set ed i principali studi effettuati.

Utilità per la Protezione Civile. Dati originali su un'area sismica di interesse. L'esperimento ha consentito di raccogliere registrazioni di sismicità di fondo in un'area tettonica attiva dell'Appennino centrale.

Prodotto 2

Mappe di Pericolosità a Scala Regionale

Descrizione. È stata calcolata una mappa di pericolosità una per l'Umbria utilizzando le leggi di attenuazione regionali e attraverso il metodo della smoothed seismicity che evita l'utilizzo della zonazione tettonica. Purtroppo non è stato possibile elaborare una mappa per l'Appennino Meridionale in quanto i dati non erano sufficienti a vincolare un prodotto definitivo. Questo prodotto non era previsto nella formulazione iniziale del progetto.

Versione finale. Mappa di pericolosità e relazione sintetica che la descrive e la confronta con altre informazioni disponibili per l'area.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la valutazione della pericolosità sismica delle regioni.

Prodotto 3

Scenari di scuotimento per l'area Training di Colfiorito

Descrizione. Sono stati elaborati diversi scenari di scuotimento per l'area di Colfiorito utilizzando quattro diverse metodologie: due basate sui metodi di campo d'onda completo e due con metodi asintotici che adottano la teoria dei raggi. Si è dapprima eseguito un confronto parametrico tra i metodi (*Blind Tests*) per stabilire le condizioni di applicabilità e di confronto tra metodologie molto diverse tra loro. Successivamente sono stati elaborati sia scenari di scuotimento su una area che circoscrive la zona focale sia simulazioni in siti dove sono disponibili registrazioni strumentali del moto del suolo. L'elaborazione degli scenari ha comportato l'identificazione delle sorgenti sismogenetiche, ricerche sulla struttura crostale (modelli 1-D e 3-D), valutazione dell'attenuazione anelastica e stima dell'effetto di sito. Le previsioni sono state confrontate con i dati registrati e con i valori di picco del moto del suolo risultanti da leggi di regressione empiriche. Sono state eseguite anche simulazioni con la tecnica delle Empirical Green's Function.

Versione finale. Relazione che presenta e discute i risultati del confronto metodologico e gli scenari per la zona interessata. Verranno presentati risultati originali sulla struttura crostale, sugli effetti di sito (funzioni di trasferimento) e serie temporali del moto del suolo per siti selezionati. La sintesi dei confronti fornirà valutazioni utili per il calcolo di scenari di scuotimento e mappe di scuotimento per la previsione del moto del suolo.

Utilità per la Protezione Civile. Indicazioni sull'utilizzo delle tecniche di simulazione per la previsione del moto del suolo (dove e quando è conveniente utilizzare metodi di calcolo di sismogrammi sintetici rispetto alle previsioni basate su regressioni empiriche). Informazioni utili all'ingegneria sismica. Verranno fornite linee guida per l'elaborazione di scenari di scuotimento.

Prodotto 4

Leggi di Attenuazione a Scala Regionale

Descrizione. Sono state calcolate delle leggi di attenuazione a scala regionale in funzione della distanza e magnitudo per diversi intervalli di frequenza. Sono state confrontate le diverse leggi di attenuazione disponibili per consentire il confronto con le simulazioni del moto del suolo.

Versione finale. Relazione che descrive le diverse leggi di attenuazione elaborate nel progetto e confrontate tra loro e con quelle disponibili per le aree in esame.

Utilità per la Protezione Civile. Leggi di attenuazione per la previsione del moto del suolo e per valutazioni di pericolosità sismica.

Prodotto 5

Modello 3D e previsione del moto del suolo nell'area di Colfiorito

Descrizione. È stato elaborato un modello 3-D della crosta superficiale utilizzando informazioni sulla geologia, sull'interpretazione delle linee di sismica attiva e sulla struttura crostale risultante da inversioni e modelli topografici. Questo modello 3-D è stato utilizzato per elaborare delle simulazioni di scuotimento risolvendo la propagazione *full-wave* attraverso una struttura geologica complessa.

Versione finale. Relazione finale per descrivere i risultati conseguiti, discutere lo scenario deterministico 3-D e confrontarlo con le previsioni eseguite con scenari deterministici e/o stocastici eseguiti con modelli crostali semplificati (1-D) e aleatorietà del processo di sorgente.

Utilità per la Protezione Civile. Scenari di scuotimento basati su un modello 3-D realistico per la valutazione e previsione della distribuzione del danneggiamento. Questo approccio è completamente innovativo e mai eseguito prima in Italia.

Prodotto 6

Scenari di scuotimento per l'area test di Città di Castello

Descrizione. Sono stati elaborati diversi scenari di scuotimento per l'area di Città di Castello utilizzando le metodologie basate sui metodi asintotici. Sono stati proposti due modelli di sorgente. La struttura crostale è stata determinata da studi tomografici eseguiti sui dati acquisiti durante l'esperimento. Gli effetti di sito sono stati determinati dai dati e dalle informazioni esistenti e attraverso l'acquisizione di nuovi dati e misure di rumore sismico.

Versione finale. Relazione che presenta e discute i risultati degli scenari per la zona interessata. Verranno presentati risultati originali sulla struttura crostale, sugli effetti di sito (funzioni di trasferimento 1- e 2-D) e serie temporali del moto del suolo per siti selezionati. La sintesi dei confronti fornirà valutazioni utili per il calcolo di scenari di scuotimento per la previsione del moto del suolo.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili all'ingegneria sismica e valutazioni e previsioni sullo scuotimento atteso per eventi sismici caratteristici dell'area.

Prodotto 7

Scenari di scuotimento per l'area test della Val D'Agri

Descrizione. Sono stati elaborati diversi scenari di scuotimento per l'area della Val D'Agri utilizzando le metodologie basate sui metodi asintotici. È stato proposto un modello di sorgente. La struttura crostale è stata determinata sulla base delle informazioni esistenti. Gli effetti di sito sono stati determinati dalla geologia di superficie, da sondaggi disponibili per l'area, e da misure di rumore sismico.

Versione finale. Relazione che presenta e discute i risultati degli scenari per la zona interessata. Verranno presentati risultati originali sulla mappe di scuotimento atteso e le serie temporali del moto del suolo per siti selezionati.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili all'ingegneria sismica e valutazioni e previsioni sullo scuotimento atteso per eventi sismici caratteristici dell'area.

Prodotto 8

Utilità delle indagini multidisciplinari nell'area di Colfiorito

Descrizione. Verrà presentata una relazione di sintesi degli studi della struttura crostale e delle sorgenti sismogenetiche basati sull'integrazione di metodi geologici e geofisici.

Versione finale. Relazione che presenta e discute l'utilità nel progetto dell'utilizzo della sismica attiva, dei metodi geoelettrici o magneto-tellurici. Discussione sull'utilità di questi metodi per individuare faglie responsabili di eventi sismici.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili all'identificazione di strutture sismogenetiche attive per valutazioni e previsioni sullo scuotimento atteso.

TRAIANO - Progetto per la stima e riduzione della vulnerabilità dell'ambiente costruito

Coordinatore: Prof. Edoardo Cosenza

Scopo del Progetto

Il progetto affronta in maniera multidisciplinare ed innovativa la problematica della valutazione della vulnerabilità dei centri urbani, integrando tutte le informazioni di tipo geofisico, geologico, geotecnico, strutturale ed urbanistico che concorrono alla definizione degli scenari di danno.

Lo scopo finale del progetto è di fornire ai comuni uno strumento informativo territoriale che sia di supporto alle differenti fasi della gestione della problematica della vulnerabilità; questo fine primario si traduce in un prodotto ben definito, costituito dalla fusione ed interrelazione fra diversi sub-prodotti del progetto, sintetizzato nel GIS realizzato per la città di Benevento.

L'obiettivo prefissato è raggiunto grazie a diversi sub-obiettivi:

- Definizione dell'input sismico atteso sulla base di modelli delle sorgenti sismiche potenzialmente attive e modelli di propagazione a scala regionale e locale; in pratica si è fatto riferimento ad analisi di scenario.
- Definizione degli effetti di sito con l'impiego di differenti metodologie, tanto numeriche quanto strumentali, e realizzazione di mappe di microzonazione basate su livelli di attendibilità collegati alla ricchezza della base dati
- Classificazione del patrimonio edilizio in classi strutturalmente omogenee e definizione di mappe di vulnerabilità del costruito effettuata impiegando tanto metodi semi-quantitativi su classi di edifici, quanto sviluppando analisi di dettaglio di avanguardia scientifica su edifici in cemento armato, muratura e costruzioni archeologiche e monumentali
- Costruzione di un sistema informativo territoriale (GIS) integrato con le banche dati disponibili presso gli enti territoriali e dotato di strumenti di calcolo semplificato che implementano i modelli sviluppati.
- Si è fatto riferimento, per l'applicazione in forma esemplificativa delle procedure e metodologie sviluppate, al comune di Benevento, opportunamente scelto per la sua collocazione in un'area ad alto potenziale sismogenetico, per le peculiarità morfologiche e stratigrafiche del sito e per la presenza di edifici di rilevanza storica ed archeologica.

I risultati del Progetto Traiano saranno illustrati nella monografia in lingua inglese che riporterà la descrizione delle singole procedure implementate e dei risultati nonché la sintesi dell'applicazione pilota effettuata per il comune di Benevento. Inoltre il GIS con tutti i dati raccolti ed elaborati sarà reso disponibile per la consultazione su un CD-Rom, allegato alla monografia generale.

Nel seguito vengono elencati i prodotti, intendendo questi come quei risultati o metodologie che possono essere direttamente fruiti da parte del Dipartimento della Protezione Civile, per analisi su aree studio analoghe a quella qui esaminata.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Modello di velocità 2D, mappe della sismicità di fondo e modello di velocità 3D relativo all'area del Sannio

Descrizione. Utilizzando i dati di un esperimento di sismica a rifrazione effettuato nell'area del Sannio unitamente ad informazioni derivanti dall'interpretazione dei dati di pozzi per esplorazione petrolifera e misure gravimetriche è stato dedotto un modello di velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali. Dalla tomografia sismica con i primi arrivi P relativi ai dati della sismicità di fondo dell'area del Sannio, inoltre, è stato dedotto un modello tomografico dell'area.

Versione finale. Saranno forniti i valori di profondità delle interfacce, la loro geometria ed i valori di velocità di propagazione delle onde P di ciascuno strato. Mappa e delle sezioni verticali con la localizzazione degli eventi e griglia di punti 3D ai cui nodi è associato un valore di velocità relativo alle onde P.

Utilità per la Protezione Civile. Studi di scenario deterministico e studi di pericolosità sismica in approccio probabilistico; localizzazione degli ipocentri e degli epicentri dei terremoti.

Prodotto 2

Catalogazione delle faglie sismogenetiche di interesse per l'area del Sannio

Descrizione. Utilizzando i dati di intensità macrosismica per gli eventi storici, quelli strumentali per gli eventi recenti e simulazioni numeriche, sono stati dedotti i parametri cinematici di sorgente dei principali eventi sismici (1688, 1850, 1930, 1962, 1980).

Versione finale. Schede dei principali parametri di sorgente.

Utilità per la Protezione Civile. Definizione delle faglie sismogenetiche per studi di pericolosità probabilistici e deterministici.

Prodotto 3

Simulazioni del moto del suolo atteso per diversi scenari per siti campione nell'area del Sannio

Descrizione. Utilizzando le informazioni ottenute come prodotto dello stesso progetto sui parametri sorgente dell'evento del 1688, sono calcolati gli accelerogrammi sintetici e le mappe dei parametri di picco. Inoltre, utilizzando le

registrazioni relative all'evento dell'Irpinia 1980, mediante un metodo di simulazione del campo d'onda completo si simula il moto del suolo atteso presso la città di Benevento ed altri siti campione nell'area del Sannio.

Versione finale. Forme d'onda. Mappa di PGA, PGV e dei valori di incertezza ad essi associati per l'evento 1688. Forme d'onda tre componenti ottenute con un modello di sorgente calibrato sui dati reali per l'evento 1980.

Utilità per la Protezione Civile. Studi di scenario ed analisi dinamiche per strutture civili e/o strategiche. Studi di attenuazione dei parametri strong - motion per l'area d'interesse.

Prodotto 4

Log stratigrafici di n. 10 sondaggi eseguiti nella città di Benevento

Descrizione. Nella città di Benevento sono stati eseguiti n. 7 sondaggi nella località Cellarulo, e n. 3 sondaggi nell'area della città di interesse per questo progetto. Sono stati eseguiti i log stratigrafici, che rappresentano, sia graficamente che con note di grande dettaglio, tutte le caratteristiche osservate nei depositi presenti nel punto di esecuzione del sondaggio (litologia, strutture sedimentarie, fossili, natura dei contatti e spessore delle unità individuate). Tali log sono stati di riferimento per re-interpretare un centinaio di log stratigrafici di sondaggi eseguiti in tempi passati nella città per scopi diversi.

Versione finale. I log stratigrafici, sia su supporto magnetico sia restituiti su carta, saranno di corredo alla relazione conclusiva del progetto.

Utilità per la protezione Civile. Essenziali per conoscere lo spessore e la natura dei depositi presenti; informazioni, anche se puntuali, utili per la stima della pericolosità sismica.

Prodotto 5

Carta Geologica della città di Benevento

Descrizione. La Carta Geologica della città di Benevento, che è la sintesi degli studi geologici e stratigrafici, effettuata nell'ambito del progetto ha permesso di riconoscere l'estensione di affioramento delle unità presenti e delle coperture più recenti. La legenda è stata organizzata tenendo presente le più recenti norme dettate dal Servizio Geologico Nazionale (Progetto CARG) per la compilazione della nuova Carta Geologica d'Italia ed è interleggibile con quella prodotta nell'ambito del Progetto Via per l'area prossima all'abitato di Benevento entro la Valle del Sabato.

Versione finale. Restituzione alfanumerica e rappresentazione su mappe del modello geologico tramite Sistema Informativo Territoriale. La carta è accompagnata da relazione geologica illustrativa.

Utilità per la Protezione Civile. Carta geologica di riferimento, che integrata con altri dati, rappresenta un utile strumento per la riduzione del rischio sismico.

Prodotto 6

Sezioni geologiche attraverso il centro cittadino

Descrizione. Alla Carta Geologica della città di Benevento sono allegate n. 4 sezioni geologiche che attraversano il centro cittadino. Tali sezioni permettono di avere una visione bidimensionale dei corpi sedimentari individuati nelle unità affioranti e quindi di definirne le geometrie e gli spessori in un intorno discreto. La conoscenza puntuale del dato e la distribuzione non omogenea dello stesso non consente di definire con certezza le soluzioni di continuità delle geometrie dei corpi sedimentari.

Versione finale. Sezioni in formato cartaceo e collegamento con hot-link alla carta geologica digitalizzata.

Utilità per la Protezione Civile. Rappresentano, insieme alla carta geologica, un utile strumento per la riduzione del rischio sismico.

Prodotto 7

Definizione del modello geotecnico del comune di Benevento finalizzato alle analisi di risposta sismica locale

Descrizione. Il modello geotecnico del territorio comunale è stato approntato raccogliendo e selezionando tutte le informazioni preesistenti del tipo stratigrafie di sondaggi, rilievi piezometrici, prove geotecniche in sito ed in laboratorio. I dati disponibili sono stati integrati da specifiche indagini in sito ed in laboratorio finalizzate alla caratterizzazione dei terreni in campo ciclico e dinamico.

Versione finale. Restituzione alfanumerica e rappresentazione su mappe del modello geotecnico tramite Sistema Informativo Territoriale

Utilità per la Protezione Civile. Ingrediente fondamentale per la definizione della pericolosità sismica a livello comunale. Ulteriori dati geotecnici possono facilmente essere integrati nel modello, migliorandone l'attendibilità.

Prodotto 8

Linee guida per la zonazione sismica

Descrizione. L'osservazione sistematica dei danni prodotti da terremoti strong-motion ha messo in luce irregolarità e variazioni spaziali nel danneggiamento non giustificabili in base alla sola severità dell'azione sismica o alle particolarità strutturali degli edifici, ma legate ai complessi meccanismi di interazione tra onde sismiche e caratteristiche geomorfologiche e geotecniche dei terreni attraversati. E' stato pertanto necessario mettere a punto una metodologia sistematica per

studiare tali effetti, basata sulle più recenti indicazioni della letteratura internazionale e tramite studi sviluppati ad hoc nell'ambito del progetto.

Versione finale. Relazione sintetica inclusa anche nel Sistema Informativo Territoriale

Utilità per la Protezione Civile. Estensione della microzonazione ad altri siti dell'area beneventana e più in generale ad altre realtà urbane.

Prodotto 9

Mappe di pericolosità locale per il comune di Benevento ed estensione delle stesse sulla base di livelli di attendibilità dei dati

Descrizione. Sulla base del modello geotecnico del territorio comunale e dalla conoscenza dell'input sismico è definita una mappa di pericolosità locale riferita al particolare scenario sismico e redatta con i mezzi propri dell'ingegneria geotecnica sismica. E', inoltre, introdotta una metodologia innovativa per la valutazione dell'affidabilità dell'estensione spaziale dei dati geotecnici basata sui concetti della "geostatistica". I metodi geostatistici consentono di valutare in termini quantitativi l'attendibilità sia del modello geotecnico del sottosuolo del territorio comunale che delle carte di zonazione sismica.

Versione finale. Mappe tematiche di pericolosità locale lette tramite Sistema Informativo Territoriale contenenti la distribuzione sul territorio comunale dei parametri sintetici del moto sismico ed anche la storia temporale delle accelerazioni a piano campagna. Analoghe mappe di pericolosità lette tramite il SIT che portano in conto l'attendibilità dei dati geotecnici

Utilità per la Protezione Civile. Individuazione delle zone del territorio del comune di Benevento caratterizzate da più elevata pericolosità. Possibilità di estendere nello spazio dati raccolti a livello puntuale grazie ad i metodi geostatistici introdotti.

Prodotto 10

Catalogo delle Funzioni di Green Empiriche e Registrazione della Sismicità di Aree Limitrofe

Descrizione. L'installazione di stazioni sismologiche in 12 siti nella città di Benevento ha fornito un importante data set per la generazione di sismogrammi sintetici e la valutazione della risposta sismica locale nell'area urbana. Il data set comprende circa 1000 forme d'onda di terremoti locali e regionali.

Versione finale. Verrà consegnato un CD-ROM con tutte le registrazioni utili (rapporto segnale/rumore maggiore di 3), unitamente alla mappa con l'ubicazione delle stazioni sismiche ed alla lista delle condizioni geologiche dei siti di registrazione, degli eventi sismici e delle localizzazioni epicentrali.

Utilità per la Protezione Civile. Dati strumentali originali in un'area urbana ad alto rischio.

Prodotto 11

Mappa di Variazioni della Risposta Sismica nei due ambiti urbani di studio (Centro Storico e Rione Libertà)

Descrizione. L'analisi dei dati dei terremoti registrati ha messo in evidenza una diversificazione della risposta sismica locale nelle due aree campione del centro storico e del Rione Libertà secondo tre tipologie caratteristiche. L'integrazione dell'informazione derivante dall'analisi dei sismogrammi con dati geologici e geotecnici e misure di rumore ambientale lungo cinque profili nell'area urbana ha consentito di delimitare i tre settori a risposta omogenea. Di questi settori si forniscono gli spettri di risposta elastica per i due terremoti del Molise del 31 Ottobre e 1 Novembre 2002 (Mw 5.7) rappresentativi delle classi di terreni previste dalla nuova Ordinanza Sismica (n. 3274/03).

Versione finale. Mappa georiferita per zone omogenee.

Utilità per la Protezione Civile. Documento utilizzabile per la Protezione Civile (costruzione di scenari di pericolosità e danno) come supporto ai progettisti, per l'applicazione dell'Ordinanza 3274/03.

Prodotto 12

Metodologie per l'analisi di vulnerabilità di monumenti e schedatura dei monumenti nella città di Benevento

Descrizione. Nell'ambito del progetto è stata messa a punto una metodologia per l'analisi di vulnerabilità del patrimonio monumentale, basata su una classificazione tipologica e su pochi parametri geometrici e costruttivi, facilmente rilevabili sul campo. Su questa base, a partire dall'elenco dei beni vincolati, fornito dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio, georiferito sulla cartografia cittadina, è stato effettuato il rilievo di vulnerabilità con una nuova scheda. Valutata la vulnerabilità di ciascun monumento, il danno atteso e le perdite (in termini di valore culturale e conseguenze alle persone) sono stimati con riferimento allo scenario di scuotimento risultante dagli altri Task del progetto.

Versione finale. Schede di rilievo della vulnerabilità per le diverse tipologie di monumento e modello per il calcolo della vulnerabilità e del danno. Database georiferito dei monumenti, contenente i dati raccolti tramite schedatura ed alcune immagini fotografiche collegate in GIS. Mappe della vulnerabilità e delle perdite attese.

Utilità per la Protezione Civile. Il nuovo metodo di analisi della vulnerabilità potrà essere applicato a scala vasta sul patrimonio culturale. Lo scenario consente una stima a scala urbana dell'impatto di un terremoto sul patrimonio culturale architettonico dell'intera città, utile quale strumento di programmazione dei

necessari interventi di mitigazione del rischio, attraverso, ad esempio, interventi di miglioramento sismico. Esempio di applicazione di una nuova metodologia.

Prodotto 13

Analisi sismica della Chiesa di Santa Sofia

Descrizione. La chiesa di Santa Sofia rappresenta uno dei monumenti più significativi dal punto di vista culturale e certamente il più critico nei riguardi del rischio sismico (ciò è provato dai forti danni subiti in occasione dei terremoti storici che hanno colpito Benevento). L'analisi è stata condotta con un modello ad elementi finiti di grande dettaglio, utilizzando un legame costitutivo non lineare per la muratura. Definiti gli stati limite di danno sulla curva di capacità, il danno atteso è valutato con la tecnica del *capacity spectrum*.

Versione finale. Modello fem della chiesa e quadri di danneggiamento sismico, con riferimento al terremoto di scenario.

Utilità per la Protezione Civile. Tale modello è utile non solo per la valutazione attuale della vulnerabilità, ma anche per verificare l'efficacia di futuri interventi di miglioramento sismico o per valutare l'impatto, in termini di vulnerabilità, di eventuali trasformazioni o danneggiamenti non di natura sismica.

Prodotto 14

Analisi sismica dell'Arco di Traiano

Descrizione. L'Arco di Traiano è il monumento più rappresentativo di Benevento, ma certamente non il più vulnerabile nei riguardi del rischio sismico. Ne è prova il suo permanere dopo molti secoli, avendo superato la prova dei massimi terremoti storici (anche se esso si trovava in una configurazione differente rispetto a quella attuale). L'analisi è stata pertanto condotta con strumenti semplificati, quelli dell'analisi limite, consentendo peraltro di evidenziare l'efficacia e la semplicità di tale approccio.

Versione finale. Modello di capacità dell'Arco di Traiano, attraverso l'analisi limite dell'equilibrio, e valutazione del danno atteso per il terremoto di scenario.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio paradigmatico di applicazione di un metodo di analisi che potrebbe essere applicato a media scala sui monumenti più importanti di un territorio.

Prodotto 15

Scheda e criteri di rilievo per edifici in muratura per la valutazione del rischio sismico secondo la metodologia sviluppata nell'ambito del progetto

Descrizione. Scheda di rilievo contenente parametri utili per l'applicazione di metodologie di analisi di scenario e di rischio a base meccanica. Le informazioni

raccolte sulla scheda sono anche compatibili con le metodologie GNDT di I e II livello.

Versione finale. Scheda e manuale per la compilazione in formato cartaceo. Versione informatizzata della scheda per l'immissione dei dati e creazione del database su computer.

Utilità per la Protezione Civile. Possibile utilizzo in attività di rilievo.

Prodotto 16

Schedatura di edifici in muratura di due aree campione della città di Benevento

Descrizione. Rilievo delle caratteristiche degli edifici di due aree campione della città di Benevento (un settore del centro storico e il rione Libertà) caratterizzate da edifici costruiti in epoche diverse, isolati ed in aggregato.

Versione finale. Database georiferito dei dati raccolti tramite schedatura.

Utilità per la Protezione Civile. Dati utilizzabili per altre applicazioni, compatibili con altre metodologie di valutazione della vulnerabilità (GNDT I e II livello).

Prodotto 17

Scenario di danno degli edifici in muratura delle aree campione

Descrizione. Valutazione dei danni generati dall'input di scenario sugli edifici in muratura delle aree campione mediante l'applicazione di una nuova metodologia a base meccanica di tipo probabilistico, sviluppata nell'ambito del progetto.

Versione finale. Rapporto scientifico con la descrizione della metodologia. Database georiferito dei danni previsti sulle aree campione.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di applicazione di una nuova metodologia.

Prodotto 18

Scenario di danno degli edifici in muratura delle aree campione dopo interventi di miglioramento atti ad eliminare i danni associati ai meccanismi di "primo modo"

Descrizione. Valutazione dei danni generati dall'input di scenario sugli edifici in muratura delle aree campione in cui si suppone di aver applicato tecniche di miglioramento sismico atte ad eliminare o limitare i meccanismi di danno associati al collasso fuori del piano delle pareti.

Versione finale. Database georiferito dei danni previsti sulle aree campione.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di applicazione di una nuova metodologia per la valutazione dei benefici di tecniche di intervento "minimali" su edifici in muratura.

Prodotto 19

Scheda e criteri di rilievo per edifici in c.a. per l'analisi di vulnerabilità secondo la metodologia sviluppata nell'ambito del progetto

Descrizione. È stata messa a punto una procedura di valutazione della vulnerabilità a base meccanica che prevede la catalogazione degli edifici in diverse CLASSI in funzione di parametri facilmente distinguibili. Parallelamente, si propone una scheda di rilievo che consente di raccogliere le informazioni necessarie per effettuare uno studio di vulnerabilità a livello urbano per edifici in c.a. Tale scheda è organizzata in diverse sezioni (scheda MULTILIVELLO) per permettere di raccogliere solo pochi dati essenziali in caso di scarsa disponibilità economica e/o temporale, mentre prevede informazioni di maggior dettaglio per rilievi più spinti.

Versione finale. Rapporto scientifico con la descrizione della metodologia. Scheda di rilievo in formato pdf e cartaceo organizzata in 4 sezioni (identificazione tipologica di I, II e III livello ed identificazione di dettaglio).

Utilità per la Protezione Civile. Nuova metodologia di analisi di vulnerabilità per edifici in c.a. alternativa alle classiche procedure tipo GNDT di I e II livello. La scheda predisposta è finalizzata ad eseguire analisi di vulnerabilità basate su di un approccio meccanico, e quindi può essere un utile strumento di partenza per raccogliere informazioni essenziali a caratterizzare il comportamento meccanico degli edifici.

Prodotto 20

Schedatura di edifici in c.a. di un'area campione della città di Benevento

Descrizione. Rilievo (effettuato secondo la scheda proposta) degli edifici in c.a. di Rione Libertà in Benevento.

Versione finale. Database georiferito, corredato da immagini fotografiche, dei dati raccolti tramite schedatura.

Utilità per la Protezione Civile. Dati utili per la caratterizzazione del comportamento meccanico degli edifici.

Prodotto 21

Mappe di vulnerabilità del costruito esistente in c.a.

Descrizione. Sono state messe a punto delle mappe di vulnerabilità per gli edifici in cemento armato di un'area di Benevento (Rione Libertà). Tali mappe di vulnerabilità, realizzate per gli scenari prodotti nell'ambito del progetto, sono

basate sulla caratterizzazione del comportamento meccanico degli edifici e forniscono la probabilità di collasso di classi di edifici per i terremoti rappresentati dai diversi scenari. Sono aggiornabili automaticamente nel GIS in funzione di diversi scenari sismici che si possono presentare.

Versione finale. Restituzione cartacea o immagine digitale georeferenziata delle mappe di vulnerabilità.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di applicazione di una nuova metodologia. Le mappe di vulnerabilità definitive rappresentano un valido strumento per prevedere e valutare l'impatto sul costruito di diversi scenari sismici che si possono realisticamente presentare. La possibilità di aggiornamento delle stesse consente di investigare altri casi e/o di effettuare stime speditive della distribuzione del danno in situazione di emergenza sismica.

Prodotto 22

Base cartografica di Riferimento (CD-ROM)

Descrizione. Strutturazione dei livelli informativi costituenti il database cartografico del progetto TRAIANO

Versione finale. Database cartografico del progetto, articolato sui vari livelli informativi di riferimento per i vari task, archiviato in formato .dwg e .shp.

Utilità per la Protezione Civile. Definizione di una struttura dati originale che consenta l'interazione tra i dati afferenti ai diversi ambiti disciplinari.

Prodotto 23

SIT del Progetto TRAIANO (CD-ROM)

Descrizione. Definizione della struttura dati alfanumerici correlata al database cartografico, popolazione del database con i dati ricavati dai singoli task, predisposizione di tools di interrogazione grafica e logica del database.

Versione finale. Progetto in formato .apr (ESRI - ArcView 3.2), nel quale siano archiviate le correlazioni tra i dati cartografici ed alfanumerici, e siano delle funzioni di interrogazione e collegamento (hotlink) sia ai dati direttamente correlati che ad eventuali altri file esterni (armadietti) o immagini.

Utilità per la Protezione Civile. Strumento di gestione di tutti i dati di utili alla valutazione del rischio sismico.

Prodotto 24

Algoritmi di correlazione tra i diversi livelli informativi

Descrizione. Sviluppo delle procedure automatiche e semiautomatiche di correlazione ed analisi dei dati geofisici, geologici, geotecnici ed edilizi.

Versione finale. Funzioni aggiuntive, implementate nell'.apr del progetto TRAIANO finalizzate all'analisi combinata dei dati.

Utilità per la Protezione Civile. Strumenti di analisi per la valutazione del rischio.

Analisi di scenario nella Liguria occidentale e soluzioni per la conservazione dei centri storici

Coordinatore: Prof. Sergio Lagomarsino

Scopo del Progetto

Il progetto ha messo a confronto ed integrato diverse metodologie, consolidate ed innovative, per la costruzione di scenari di scuotimento, vulnerabilità e danno in aree di media estensione (circa 2000 km²), traendo spunto dalla Liguria Occidentale, una regione di grande interesse sotto il profilo della storia sismica e della sismogenesi, per la varietà dei potenziali effetti di sito e per le caratteristiche del costruito. L'area è caratterizzata da molti piccoli centri storici di notevole valore storico-culturale, e ciò la rende rappresentativa di molte delle aree italiane a rischio sismico. La simulazione di alcuni eventi sismici storici (1831, 1887), approfonditi con indagini d'archivio, è stata sviluppata in base ai dati registrati dalla rete sismica dell'Italia Nord-Occidentale. La tomografia sismica ha permesso d'identificare le strutture sismogenetiche principali. Anche uno scenario probabilistico di pericolosità è stato sviluppato, per le importanti informazioni a supporto della mitigazione del rischio. Grande rilevanza è stata data allo studio degli effetti di sito, sia in relazione alla morfologia (centri storici su vette e cigli) che alle caratteristiche geomeccaniche superficiali (bacini alluvionali alle foci dei torrenti); la modellazione è stata supportata da misure sperimentali tramite reti mobili velocimetriche ed accelerometriche. Per l'analisi di vulnerabilità del costruito, gli approcci consolidati (DPM, Il livello GNDT) hanno costituito la base per lo sviluppo di nuove metodologie, a base tipologica (modello macrosismico derivato dalla scala EMS) o a base meccanica (*capacity spectrum*). Lo studio è stato sviluppato sia alla scala provinciale, sia a scala comunale, con l'applicazione al Comune di Taggia (centro storico e zona moderna di Arma di Taggia). Le caratteristiche del costruito sono state approfondite tramite un rilievo geometrico e tecnologico (muratura), con una lettura dei tessuti urbani, con indagini *in situ* sulle proprietà meccaniche (martinetti piatti, prove soniche, ecc.). Grande attenzione è stata riservata al patrimonio culturale, sia intendendo i manufatti architettonici di valore (desunti in massima parte dagli elenchi della Soprintendenza), sia i beni artistici (apparati decorativi ed elementi dell'arredo urbano). Gli scenari di danno, valutati con i diversi metodi e per i diversi terremoti di riferimento, forniscono una stima del rischio e possono essere utili per la messa a punto di strategie di prevenzione, attraverso la mitigazione del rischio, o di piani di protezione civile, per la gestione dell'emergenza post-terremoto. Tutti i dati raccolti e le metodologie sviluppate sono state integrate in un efficiente strumento GIS.

I risultati del Progetto Liguria Occidentale saranno illustrati attraverso alcune monografie, una descrittiva dell'intero insieme di analisi ed altre di approfondimento su alcuni temi. Inoltre il GIS con tutti i dati raccolti ed elaborati sarà reso disponibile per la consultazione tramite Internet e su un CD-Rom, allegato alla monografia generale.

Nel seguito vengono elencato i prodotti, intendendo questi come quei risultati o metodologie che possono essere direttamente fruiti da parte della Protezione Civile, per analisi su aree studio analoghe a quella qui esaminata.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Registrazioni sismicità di base e weak motions

Descrizione. La campagna di acquisizione di dati sismologici effettuata nell'ambito del progetto ha permesso la raccolta di un prezioso data set che comprende registrazioni di terremoti (weak motion) e misure di rumore per la valutazione della risposta sismica locale nell'area del Ponente Ligure

Versione finale. Verrà consegnato un CD-rom con tutte le forme d'onda degli eventi registrati, con un elenco degli eventi e con le loro localizzazioni, le registrazioni di rumore, una mappa della rete ed una sintetica relazione che descrive l'esperimento di acquisizione, il data set ed i principali studi effettuati.

Utilità per la Protezione Civile. Dati originali su un'area sismica di interesse.

Prodotto 2

Zone sismogenetiche attive nella Liguria Occidentale

Descrizione. Mappa del sistema di faglie e registrazioni della sismicità di fondo.

Versione finale. Mappa delle zone sismogenetiche attive.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la valutazione della pericolosità sismica dell'area, anche in confronto con la zonazione sismica nazionale recentemente pubblicata.

Prodotto 3

Mappe di classificazione dei siti a Scala Provinciale

Descrizione. A partire dalla carte litologiche e geo-morfologiche prodotte nell'ambito dei Piani di Bacino, è stata elaborata una mappa che classifica il territorio secondo le usuali classi di terreni previsti dalla nuova Ordinanza sismica (n. 3274/03).

Versione finale. Mappa georiferita per aree omogenee.

Utilità per la Protezione Civile. Documento utile direttamente per la Protezione Civile (costruzione di scenari di pericolosità e danno) e come supporto ai progettisti, per l'applicazione dell'Ordinanza 3274/03.

Prodotto 4

Sismicità storica: ridefinizione dei piani quotati, degli epicentri e magnitudo

Descrizione. Per i principali terremoti, già studiati, è stata effettuata una revisione dei dati storici, attraverso l'acquisizione di nuovi dati d'archivio, con conseguente riattribuzione di intensità locali, epicentri macrosismici e magnitudo. I terremoti minori sono stati analizzati sulla base di una ricerca d'archivio originale.

Versione finale. Piani quotati, epicentri macrosismici e magnitudo associate.

Utilità per la Protezione Civile. Localizzazione degli epicentri per i terremoti di scenario deterministici più significativi.

Prodotto 5

Scenari di scuotimento per i due principali terremoti storici (1831, 1887)

Descrizione. Utilizzando la conoscenza delle zone sismogenetiche e le informazioni di sismicità storica, sono stati elaborati scenari di scuotimento con opportune leggi di attenuazione.

Versione finale. Mappe georiferite, in PGA o intensità, con eventuale correzione associata ad effetti di sito o amplificazioni morfologiche.

Utilità per la Protezione Civile. Informazione di partenza per la creazione di scenari di danno deterministici, utili per la predisposizione di piani di emergenza post-terremoto.

Prodotto 6

Mappe di Pericolosità a Scala Provinciale

Descrizione. Analisi di pericolosità probabilistica, effettuata con un modello che fornisce una descrizione completa dello scuotimento, anche in coordinate spettrali, tenendo conto degli effetti di sito.

Versione finale. Mappe di pericolosità con periodo di ritorno di 475 anni.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la valutazione della pericolosità sismica dell'area, anche in confronto con la zonazione sismica nazionale recentemente pubblicata.

Prodotto 7

Indagini sulle murature della Liguria Occidentale: prove in sito

Descrizione. È stata effettuata un'estesa campagna di indagini in sito sulle murature, a partire dal rilievo tecnico dei paramenti e delle sezioni, fino all'effettuazione di indagini non distruttive di caratterizzazione della muratura (martinetti piatti, prove soniche).

Versione finale. Schede con i risultati delle singole prove e tabelle di sintesi con le diverse tipologie murarie, con valori di riferimento per le proprietà fisico-meccaniche.

Utilità per la Protezione Civile. Dati di riferimento per la progettazione degli interventi di miglioramento ed adeguamento sismico sugli edifici esistenti.

Prodotto 8

Indagini sulle murature della Liguria Occidentale: prove di laboratorio

Descrizione. È stata effettuata un'estesa campagna di campionamento in sito sui materiali murari (malte, elementi lapidei), nei punti di esecuzione delle indagini non distruttive, per la loro caratterizzazione chimico-fisica, petrografia e meccanica.

Versione finale. Schede con i risultati delle singole prove e tabelle di sintesi con i risultati relativi alla caratterizzazione petrografia e i valori di riferimento per le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche.

Utilità per la Protezione Civile. Dati di riferimento per la scelta dei materiali negli interventi di miglioramento ed adeguamento sismico sugli edifici esistenti.

Prodotto 9

Mappatura dei tessuti urbani di Taggia e loro vulnerabilità

Descrizione. Individuazione delle fasi di accrescimento del centro storico, attraverso cartografie storiche e lettura sul campo dei caratteri urbanistico-architettonici. Modalità di accrescimento, intasamento, rifusione e sopraelevazione degli aggregati edilizi.

Versione finale. Cartografie descrittive a scala urbana e schemi architettonici di unità edilizie paradigmatiche.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di analisi storico-urbanistica-costruttiva del centro storico, da cui possono essere desunte Linee Guida per indagini analoghe.

Prodotto 10

Schedatura del centro storico di Taggia

Descrizione. A partire dai risultati ottenuti da indagini di dettaglio (prodotti 7 e 8) è stata messa a punto ed applicata una scheda per il rilievo della vulnerabilità del centro storico di Taggia, che considera gli elementi di vulnerabilità specifica ed i presidi antisismici caratteristici nell'area.

Versione finale. Database georiferito dei dati raccolti tramite schedatura, con immagini fotografiche collegate in GIS, contenente le elaborazioni della vulnerabilità.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio paradigmatico di applicazione di una metodologia di interesse per la Protezione Civile, che ha tra i suoi obiettivi proprio la valutazione della vulnerabilità alla scala del Centro Storico.

Prodotto 11

Schedatura dei centri storici di Bajardo e Bussana

Descrizione. A partire dai risultati ottenuti da indagini di dettaglio (prodotti 7 e 8) è stata messa a punto ed applicata una scheda per il rilievo della vulnerabilità dei centri storici di Bajardo e Bussana, che considera gli elementi di vulnerabilità

Versione finale. Schede e tabelle dei parametri necessari per un'analisi di vulnerabilità. Strumenti e procedure di analisi.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio paradigmatico di applicazione di una metodologia di interesse per la Protezione Civile, che ha tra i suoi obiettivi proprio la valutazione della vulnerabilità alla scala del Centro Storico.

Prodotto 12

Schedatura del centro abitato di Arma di Taggia

Descrizione. Rilievo delle caratteristiche dei centri costieri, sviluppatasi negli anni '50/'60, con edifici in c.a. pre-normativa sismica. Valutazione della vulnerabilità con modelli meccanici, tarati sulle caratteristiche costruttive dell'area in quel periodo.

Versione finale. Database georiferito dei dati raccolti tramite schedatura, con immagini fotografiche collegate in GIS, contenente le elaborazioni della vulnerabilità.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di applicazione di una nuova metodologia.

Prodotto 13

Schedatura dei monumenti e stima della vulnerabilità e valore

Descrizione. L'elenco dei beni monumentali nella Provincia di Imperia, vincolati dalla Soprintendenza, integrato da altri manufatti di interesse storico-architettonico presenti su pubblicazioni qualificate, è stato georiferito. Attraverso un opportuno modello è stata valutata la vulnerabilità ed il danno atteso, definendo anche una opportuna scala di valore.

Versione finale. Database georiferito di oltre 1200 monumenti, con immagini fotografiche collegate in GIS, contenente le elaborazioni di vulnerabilità e danno.

Utilità per la Protezione Civile. Conoscenza della consistenza del patrimonio culturale esposto a rischio sismico; primo esempio di applicazione territoriale, analogo a quanto sta elaborando l'Istituto centrale per il Restauro con il progetto Carta del Rischio.

Prodotto 14

Schedatura dei centri storici a Scala Provinciale

Descrizione. Individuazione sul territorio dei centri storici di valore storico-urbanistico, con raccolta di dati complessivi sulla tipologia urbana, la vulnerabilità, gli effetti di sito e la presenza di elementi di pregio.

Versione finale. Database georiferito di 88 centri storici nella Provincia di Imperia, contenente anche le elaborazioni di vulnerabilità e danno da dati ISTAT.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio paradigmatico di applicazione di una metodologia di interesse per la Protezione Civile, che ha tra i suoi obiettivi proprio la valutazione della vulnerabilità dei Centri Storici presenti in un'area vasta.

Prodotto 15

Schedatura dei beni storico-artistici a Taggia e comuni limitrofi

Descrizione. I beni storico-artistici, consistenti sia negli apparati decorativi presenti nei manufatti monumentali sia in elementi di arredo urbano, sono stati rilevati tramite una nuova metodologia, che ne individua la rilevanza e la vulnerabilità.

Versione finale. Database georiferito dei beni rilevati, con immagini fotografiche collegate in GIS, con indicazioni sulla rilevanza. Manuale di gestione dell'emergenza (rilievo del danno, protezione e ricovero dei beni danneggiati o a rischio).

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di applicazione di una metodologia innovativa, con indicazioni sulla gestione nell'emergenza post-sismica.

Prodotto 16

Scenario di danno a 475 anni a Scala Provinciale

Descrizione. Utilizzando lo scenario di pericolosità probabilistica e considerando la consistenza del costruito da dati ISTAT (georiferito a livello della sezione censuaria), sono stati valutati i danni tramite due metodologie di vulnerabilità, una macrosismica ed una a base meccanica (*capacity spectrum*).

Versione finale. Mappe di vulnerabilità e danno, con confronti tra i risultati ottenuti dai due metodi. Perdite economiche, conseguenze sulla popolazione.

Utilità per la Protezione Civile. Individuazione delle aree nel territorio (Provincia di Imperia) caratterizzate dal maggior rischio, come combinazione tra le mappe di pericolosità, esposizione e vulnerabilità.

Prodotto 17

Scenari di danno deterministici per due terremoti storici

Descrizione. Utilizzando gli scenari di pericolosità deterministici, rappresentativi dei due principali terremoti storici, e considerando la consistenza del costruito da dati ISTAT (georiferito a livello della sezione censuaria), sono stati valutati i danni tramite due metodologie di vulnerabilità, una macrosismica ed una a base meccanica.

Versione finale. Scenari di danno, con confronti tra i risultati ottenuti dai due metodi. Perdite economiche, conseguenze sulla popolazione e agibilità.

Utilità per la Protezione Civile. Quadro di riferimento dei risentimenti attesi per l'elaborazione dei piani di protezione civile per la gestione dell'emergenza, con riferimento ad un terremoto di ampio raggio e di un terremoto near-field. Confronto tra i risultati di metodologie tipologiche e meccaniche.

Prodotto 18

Scenario di danno a Taggia, nel centro storico e ad Arma

Descrizione. Utilizzando gli scenari di pericolosità deterministici, rappresentativi dei due principali terremoti storici che hanno interessato Taggia, e considerando la consistenza del costruito ricavata da uno specifico rilievo sul campo (georiferito a livello del singolo edificio), sono stati valutati i danni tramite due metodologie di vulnerabilità, una macrosismica ed una a base meccanica.

Versione finale. Scenari di danno a scala urbana, con confronti tra i risultati ottenuti dai due metodi. Perdite economiche, conseguenze sulla popolazione e agibilità.

Utilità per la Protezione Civile. Quadro di riferimento dei risentimenti attesi per l'elaborazione dei piani di protezione civile per la gestione dell'emergenza, con riferimento ad un terremoto di ampio raggio e di un terremoto near-field. Confronto tra i risultati di metodologie tipologiche e meccaniche.

Prodotto 19

Analisi costi-benefici e strategie di riduzione del danno

Descrizione. Sulla base delle mappe delle perdite attese, nella condizione attuale, sono state prese in esame alcune possibili strategie di mitigazione del rischio, consistenti in diverse tipologie di intervento sul costruito. Il confronto sulle mappe di danno atteso, valutati i costi di tale intervento a Scala Provinciale, consente di evidenziare il beneficio ottenuto.

Versione finale. Mappe di danno prima e dopo l'intervento di mitigazione del rischio, con valutazione del relativo costo.

Utilità per la Protezione Civile. Indicazioni sulle strategie di mitigazione del rischio più efficaci.

Prodotto 20

Architettura di un sistema GIS per l'analisi di rischio sismico

Descrizione. Tutti i dati raccolti ed elaborati nell'ambito del progetto sono stati organizzati in GIS, definendo un'opportuna struttura dei dati e delle mappe. Alla classica suddivisione del territorio attraverso una griglia regolare è stata preferita una struttura libera per i diversi tematismi, con unità geografiche di forma opportuna (contorni di aree geologiche omogenee del territorio, sezioni censuarie, edifici, ecc.). Nel GIS sono state definite tutte le procedure per l'analisi a cascata dei dati, a partire dalla pericolosità fino alle perdite.

Versione finale. GIS contenente tutti i tematismi, fornito nei formati più diffusi (ArcInfo, MapInfo) o rielaborato per la visualizzazione attraverso la pubblicazione su Web.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di rappresentazione dei risultati di un'analisi di rischio in una forma fruibile e continuamente aggiornabile. Linee guida per la strutturazione dei dati sia a scala urbana che provinciale.

Prodotto 21

Metodologie per l'analisi di vulnerabilità

Descrizione. Nell'ambito del progetto è stato messo a punto un insieme di metodologie integrate per l'analisi di vulnerabilità, tarate su dati di vulnerabilità osservata e applicabili a dati di diversa natura e grado di dettaglio.

Versione finale. Schede e tabelle dei parametri necessari per un'analisi di vulnerabilità. Strumenti e procedure di analisi.

Utilità per la Protezione Civile. Nuovo impianto metodologico, ampiamente applicabile e sviluppato in continuità con i metodi precedenti e riconosciuti in ambito scientifico.

Prodotto 22

Schedatura di edifici complessi

Descrizione. A partire dai risultati ottenuti da indagini di dettaglio (prodotti 7 e 8) è stata messa a punto ed applicata una scheda per il rilievo di edifici complessi che presentano difficoltà di modellazione per la definizione della vulnerabilità e per

indirizzare eventuali interventi di prevenzione e di consolidamento (parti dei centri storici di Taggia e di Bajardo)

Versione finale. Schede e tabelle dei parametri necessari per un'analisi di vulnerabilità. Strumenti e procedure di analisi.

Utilità per la Protezione Civile. Nuovo impianto metodologico, utile per l'applicazione sugli edifici complessi all'interno dei centri storici.

Scenari dettagliati e provvedimenti finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbana di Catania

Coordinatore: Prof. Michele Maugeri

Scopo del Progetto

Il Progetto ha approfondito le diverse metodologie per la definizione di scenari dettagliati di pericolosità sismica, con riferimento a terremoti di forte intensità (tipo 1693) e di media intensità (tipo 1818), al fine di trarre tutti gli elementi necessari per gli interventi da eseguire sugli edifici del patrimonio edilizio e monumentale della città di Catania, per mitigarne gli effetti sismici.

I principali argomenti di ricerca del Progetto riguardano: la caratterizzazione del moto atteso al suolo e gli effetti di sito; la vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano; la vulnerabilità ed il miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno. Gli obiettivi principali riguardo alla caratterizzazione del moto atteso al suolo e gli effetti di sito sono: modello di sorgente dei terremoti di scenario; rilievo geologico di dettaglio e mappa geologica dell'area urbana di Catania; misure di microtremiti; valutazione degli effetti di sito; accelerogrammi sintetici in superficie ed alle differenti profondità del "bedrock".

I principali obiettivi riguardo alla vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano sono: indagini su siti campione di rilevante interesse; prove in situ dentro i fori di sondaggio; campionamento indisturbato e prove di laboratorio in campo dinamico per valutare il comportamento non lineare del terreno; aggiornamento delle proprietà dinamiche del terreno e della mappa geotecnica includendo le stratigrafie di tutti i sondaggi ed i risultati delle misure geofisiche e delle prove di laboratorio; microzonazione sismica dell'area urbana di Catania; modellazione della vulnerabilità dei pendii ai terremoti di scenario ed applicazione del modello alle frane nell'area urbana di Catania; modellazione del fenomeno di liquefazione e dei relativi fenomeni di instabilità noti come "lateral spreading"; rilievo delle cavità presenti nel sottosuolo di Catania ed implementazione di una banca dati delle cavità rilevate; vulnerabilità delle infrastrutture viarie, incluso fenomeni di instabilità di pendii, di rilevati e di opere di sostegno che possono causare l'interruzione del sistema viario; valutazione della vulnerabilità del sistema urbano.

I principali obiettivi riguardo alla vulnerabilità ed al miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno sono: valutazione della tipologia costruttiva, prove di identificazione, valutazione della vulnerabilità e della resistenza al sisma di edifici monumentali; valutazione della vulnerabilità e della resistenza al sisma della più diffusa tipologia di edifici in c.a.; miglioramento sismico della più diffusa tipologia di edifici in c.a. con tecniche tradizionali ed innovative; realizzazione di un codice di pratica per il miglioramento della più diffusa tipologia di edifici in c.a.; trasferimento del codice di pratica agli Ordini Professionali ed ai tecnici; trasferimento agli Uffici del Comune del Sistema Informativo Territoriale (SIT), contenente la banca dati ed i risultati ottenuti dal Progetto di Ricerca; criteri di priorità per l'esecuzione dei lavori di miglioramento.

I risultati fin qui ottenuti dal Progetto sono stati oggetto di numerose pubblicazioni prevalentemente su Atti di Convegni Internazionali e sono stati altresì pubblicati in un apposito volume edito da WIT Press (Southampton, UK). Alla fine della ricerca i risultati finali del Progetto saranno presentati in un'apposita monografia descrittiva dell'intero progetto. Saranno altresì organizzati, nei primi mesi del 2005, incontri con le Associazioni Professionali locali e gli Enti Locali per il trasferimento dei risultati ottenuti. Tra questi, i prodotti che possono essere di maggior interesse per il Dipartimento della Protezione Civile, sono riportati nel seguito.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Sismogrammi sintetici, spettri di risposta e stime di scuotimento nell'area abitata di Catania per il terremoto del 1693 originato dalla scarpata Ibleo-Maltese

Descrizione. E' stata simulata la risposta sismica di sette siti del Comune di Catania, con il metodo agli elementi spettrali 2-D di Chebyshev, con lo scopo di analizzare come il campo d'onda si modifica durante il suo passaggio attraverso la sequenza degli strati di suolo più superficiali. Gli accelerogrammi sintetici sono stati determinati in superficie ed a varie profondità (8, 20, 30, 70 e 160m). I risultati di queste simulazioni sono stati usati per stimare l'applicabilità di un metodo 1-D. In questo studio, la struttura superficiale del modello è stata definita in dettaglio presso i sette siti prescelti. I sismogrammi sono stati calcolati a differenti profondità, partendo dalla superficie, per studiare la propagazione del campo d'onda attraverso circa cento metri di suolo. L'evento di riferimento simula il terremoto $M \sim 7$ che colpì Catania nel 1693. In questo studio, la sorgente è posizionata lungo il segmento settentrionale della faglia Ibleo-Maltese ed ha meccanismo normale puro. La sorgente riproduce in modo semplificato la propagazione della rottura e la distribuzione eterogenea del momento sismico lungo la faglia. Sono stati simulati quattro diversi tipi di distribuzione e rilascio di momento sismico. L'input sismico calcolato dalle simulazioni raggiunge valori di accelerazione di picco elevati (circa 0.5g), considerabilmente maggiori di quelli convenzionalmente usati, ed ha l'effetto di produrre marcati comportamenti non lineari nella colonna di suolo. Ne consegue che le modellazioni non-lineari 1D devono essere preferite a quelle lineari 2D in prossimità dell'area epicentrale, se la struttura del suolo può essere approssimata da un modello 1D.

Versione finale. Analisi di risposta di sito con input sismico specifico per il terremoto del 1693. Confronto tra metodi 1D e 2D per la stima della risposta di sito e loro applicabilità.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la classificazione sismica del territorio nazionale per il requisito di "non collasso" relativo allo scenario di livello L_2 , corrispondente ad un terremoto "severo" e "poco probabile". Informazioni utili per la Protezione Civile della Regione Siciliana, ai fini della classificazione sismica del territorio regionale.

Prodotto 2

Coordinate di una possibile sorgente di terremoti distruttivi in terraferma nella Sicilia Sud-orientale, che potrebbe richiedere un adeguamento degli elenchi dei Comuni classificati nelle diverse zone sismiche

Descrizione. E' stata conclusa l'attività di inversione automatica delle sorgenti del 9 e 11 gennaio 1693, usando la funzione cinematica KF e gli Algoritmi Genetic con Niching (NGA), di tutti i data sets macrosismici disponibili. Il risultato finale è che le sorgenti del 9 e 11 gennaio, 1693 – vincolate dalle nostre inversioni – formano una faglia segmentata e orientata verso NNE, approssimativamente lunga 60 km. La complessa faglia ottenuta è molto pendente verso ESE, o WNW, con meccanismo di rottura da puro strike-slip a 50% strike-slip e 50% dip-slip. Questa struttura attiva attraverserebbe la Sicilia Sud Orientale dal Plateau Ibleo alla costa del mare Ionio, a sud della città di Catania. La attiva faglia di Scicli-Ragusa-Monte Lauro, di tipo trascorrente, che affiora 12-14km a ovest della nostra sorgente lineare, è compatibile con questa inversione, nei limiti degli errori. È seguita poi una serie di esperimenti atti a verificare le soluzioni e le loro incertezze. In particolare è stata valutata la stabilità delle soluzioni in situazione di mancanza parziale del campo macrosismico, tipica di sorgenti ubicate in prossimità della costa, o con epicentro in mare, come per i terremoti di questa zona. A tal proposito sono state condotte due tipi di indagini: a) inversione di dati macrosismici sintetici cui sono stati tolti circa i 2/3 del campo macrosismico; b) validazioni e test di inversione di dati macrosismici di terremoti lungo la costa del mare (eventi strumentali di magnitudo medio-bassa delle coste Occidentali della Norvegia). Queste esperienze indicano che: 1) le coordinate epicentrali ed i valori angolari delle fault-plane solution sono i parametri più significativi per l'inversione; 2) l'inversione delle coordinate epicentrali è mal vincolata se l'area delle intensità massime (area epicentrale) non è chiusa dalle intensità più basse; 3) lo strike è abbastanza stabile, con errori entro i 20°, mentre il rake si rivela parametro piuttosto critico e talvolta instabile. Tutto questo tenderebbe ad escludere la struttura Ibleo Maltese come sorgente responsabile dei due eventi citati (come ipotizzato da un segmento della letteratura geologica). Infine, l'Ibleo Maltese parrebbe incompatibile con l'orientazione dello stress geodinamico orizzontale massimo nell'area, finora conosciuto.

Versione finale. Coordinate di una possibile sorgente di terremoti distruttivi in terraferma nella Sicilia Sud-orientale.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la ri-classificazione sismica del territorio nazionale per il requisito di “non collasso” relativo allo scenario di livello L₂, corrispondente ad un terremoto “severo” e “poco probabile”. Informazioni utili per la Protezione Civile della Regione Siciliana, ai fini della classificazione sismica del territorio regionale.

Prodotto 3

Sismogrammi sintetici, spettri di risposta e stime di scuotimento nell'area abitata di Catania per il terremoto del 1818

Descrizione. E' stato costruito uno scenario di scuotimento nel campo vicino della sorgente per l'area comunale di Catania. Il terremoto di riferimento è l'evento $M=6.2$ del 20 Febbraio 1818, il cui epicentro è stato localizzato a nord di Catania, a pochi chilometri dalla città. Questo terremoto è considerato di origine tettonica, ed è associato alla continuazione del sistema di faglie Ibleo-Maltese. Nonostante la magnitudo relativamente bassa, il terremoto "Catanese" deve essere incluso nelle stime dell'hazard sismico di Catania, per la sua vicinanza alla città. Il moto del suolo nel near-fault è calcolato con un metodo ibrido deterministico-stocastico (EXWIM) che simula la propagazione della rottura lungo una faglia finita. Il metodo risolve la propagazione del campo completo d'onde elastiche in un mezzo stratificato orizzontalmente (1D) anelastico. Per valutare uno scenario esaustivo, sono state considerate diverse distribuzioni di slip e valori di stress-drop medio. Inoltre, è stato fatto variare l'ipocentro in numerose posizioni della faglia. Per ogni ricevitore sono stati calcolati circa 1500 sismogrammi a tre componenti. L'area è stata campionata con una griglia fitta di ricevitori, per un totale di circa 400 ricevitori con spaziatura 300 m. Il modello strutturale rappresenta la struttura media della Sicilia orientale, ma ad ogni ricevitore è stata specificata la condizione di sito ($V_{S,30}$) con l'introduzione di uno strato superficiale di 30 m di spessore. I risultati ottenuti sono consistenti con quelli precedentemente ottenuti con metodo semplificato da Pessina (2000), tuttavia il dataset mostra una elevata variabilità dei valori, e conferma l'importanza di vincolare adeguatamente i parametri di sorgente. Rispetto alle simulazioni effettuate per il terremoto del 1693 da Priolo (1999), le simulazioni di questo studio stimano valori di accelerazione più bassi per il valor medio (circa la metà), ma molto più elevati (vicino ad 1 g) se si considerano situazioni di stress drop relativamente elevato ($\Delta s = 15$ MPa) e l'effetto della direttività.

Versione finale. Scenari di scuotimento e sismogrammi sintetici a Catania per il terremoto $M=6.2$ del 1818, con stime del moto del suolo nel *near-field* della sorgente e per specifiche condizioni di sito.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la classificazione sismica del territorio nazionale per il requisito di "limitazione del danno strutturale" relativo allo scenario di livello L_1 , corrispondente ad un terremoto "probabile". Informazioni utili per la Protezione Civile della Regione Siciliana, ai fini della classificazione sismica del territorio regionale.

Prodotto 4

Banca dati sulle caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno e sulla risposta sismica locale

Descrizione. Lo studio ha previsto la realizzazione di un sistema informativo territoriale (S.I.T.) relativo all'area urbana di Catania. Il SIT è stato realizzato in

collaborazione con vari autori, dovendo considerare i diversi campi di applicazione previsti, come la caratterizzazione geologica, la caratterizzazione geotecnica e la risposta sismica locale. Il dataset comprende la topografia, la geologia, la morfologia e la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ed è stato strutturato in modo da poter essere aggiornato e ricevere dati di ogni tipo. L'importanza del SIT dell'area urbana di Catania consiste nel rendere possibile l'interazione tra tutti i dati contenuti nel dataset con uno o più elementi considerati. Tutti i dati possono interagire con l'archivio grafico che può essere modificato secondo le esigenze dettate dalle finalità della Protezione Civile. La massima efficacia del prodotto è stata ottenuta attraverso l'uso di dati georeferenziati, mappe topografiche ad alta risoluzione ed analisi stereografica di ortofoto e fotoaeree.

Versione finale. Verrà consegnato un CD-ROM che include un dataset comprendente la topografia, la geologia, la morfologia e la caratterizzazione geotecnica dei terreni, strutturato in modo da poter essere aggiornato e ricevere dati di ogni tipo. Le informazioni sono organizzate in diversi layers e possono essere ottenuti tramite interrogazione.

Utilità per la Protezione Civile In una regione ad alto rischio quale è l'area di Catania l'uso del S.I.T. consente di sviluppare un sistema di monitoraggio degli aspetti che interagiscono nello scenario di rischio rendendo possibile l'analisi, l'evoluzione e l'interrogazione del sistema informativo in tempo reale.

Prodotto 5

Mappa di microzonazione dell'amplificazione sismica locale del centro abitato di Catania

Descrizione. Per la valutazione della risposta sismica locale sono stati utilizzati gli accelerogrammi sintetici relativi al terremoto di scenario di livello L_1 , di media intensità (1818) e di livello L_2 di forte intensità (1693). Sono stati altresì utilizzati accelerogrammi registrati durante il terremoto del 1990 (modesta intensità), opportunamente scalati in ampiezza e frequenza. La risposta sismica locale è stata fornita nel dominio del tempo in termini di accelerazione, velocità e spostamento e nel dominio della frequenza in termini di spettri di risposta. Sono stati impiegati un metodo bidimensionale di tipo lineare ed un metodo monodimensionale di tipo non-lineare. Le risposte sono state determinate per le successioni stratigrafiche desunte dai 910 sondaggi disponibili. Le caratteristiche geotecniche del terreno ed in particolare la velocità delle onde di taglio, sono state stimate sulla base dei risultati ottenuti in corrispondenza di 9 test sites, dove sono state effettuate prove in situ, incluse Down-Hole, Cross-Hole (sono programmate anche prove con il dilatometro sismico) e prove di laboratorio, incluse prove triassiali cicliche, prove di colonna risonante e prove di taglio torsionale ciclico. L'analisi della risposta in corrispondenza di numerosi sondaggi, georegerezziati nel SIT, ha consentito l'elaborazione di una mappa molto dettagliata di microzonazione dei movimenti del terreno.

Versione finale. Mappe georeferenziate di microzonazione sismica, che includono la valutazione dettagliata degli effetti locali, in termini di PGA in scala 1:10.000, per i terremoti di scenario di livello L_1 ed L_2 .

Utilità per la Protezione Civile. La microzonazione della città di Catania, rappresentativa delle città mediterranee, costituisce un esempio metodologico per la realizzazione di microzonazione per altri centri abitati, che in prospettiva è da considerare un documento basilare per la mitigazione del rischio sismico, da allegare ai Piani Regolatori, in vista della iniziativa di renderla obbligatoria in un prossimo futuro.

Prodotto 6

Mappa della pericolosità sismica di frana nel centro abitato di Catania

Descrizione. Le frane rappresentano un primo elemento di vulnerabilità dell'ambiente fisico, e possono essere causate da terremoti di forte e media intensità. La pericolosità sismica del territorio è stata valutata sulla base della risposta sismica locale, tenendo conto della eventuale amplificazione morfologica. Per la stima della vulnerabilità del territorio da frana, sono state messi a punto modelli originali di valutazione della stabilità di pendii indefiniti e di tipo finito, tenendo conto dell'incremento di pressione interstiziale e del decadimento della resistenza del terreno, così come suggerito dall'Eurocodice (EC8). È stato altresì definito un modello pseudo-dinamico per l'analisi dell'accelerazione critica e dell'accumulo degli spostamenti permanenti nei pendii. I modelli innovativi in campo pseudo-statico ed in campo pseudo-dinamico sono stati applicati ai pendii potenzialmente instabili nel centro abitato di Catania.

Versione finale. Mappa georeferenzata della microzonazione sismica della pericolosità di frana, che include la valutazione dettagliata degli effetti locali, in scala 1:10.000, per il terremoto severo di scenario di livello L_2 .

Utilità per la Protezione Civile. La microzonazione della pericolosità sismica di frana nella città di Catania, costituisce un esempio metodologico per la realizzazione di microzonazione per altri centri abitati, che in prospettiva è da considerare un documento basilare per la individuazione delle aree di sviluppo e di espansione delle città, da allegare ai Piani Regolatori. Anche la mappa di microzonazione del rischio sismico di frana potrebbe essere resa obbligatoria in un prossimo futuro.

Prodotto 7

Mappa della pericolosità di liquefazione nel centro abitato di Catania

Descrizione. Il pericolo di liquefazione rappresenta un secondo elemento di vulnerabilità dell'ambiente fisico, e può essere causata da terremoti di forte intensità. La pericolosità di liquefazione è stata valutata sulla base delle procedure suggerite dal Manuale per la zonazione della pericolosità geotecnica sismica (Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazard), edito dal Technical

Committee n. 4 (di cui il Coordinatore fa parte), dell'International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). Inoltre è stato elaborato un modello originale per la valutazione dei fenomeni di "Lateral Spreading", che consente di calcolare l'accumulo di spostamenti di terreni in pendenza soggetti al pericolo di liquefazione. Tale modello tiene conto dell'incremento di pressione interstiziale e del decadimento della resistenza del terreno, così come suggerito dall'Eurocodice (EC8). I modelli semplificati e quello innovativo in campo pseudo-dinamico sono stati applicati alle zone costiere potenzialmente liquefacibili del centro abitato di Catania.

Versione finale. Mappa georeferenziata della microzonazione del pericolo di liquefazione, che include la valutazione dei fenomeni di lateral spreading, in scala 1:10.000, per il terremoto severo di scenario di livello L₂.

Utilità per la Protezione Civile. La microzonazione del pericolo di liquefazione nella città di Catania, costituisce un esempio metodologico per la realizzazione di microzonazione per altri centri abitati, che in prospettiva è da considerare un documento basilare per l'analisi del rischio sismico nelle città costiere, da allegare ai Piani Regolatori, in vista della iniziativa di renderla obbligatoria in un prossimo futuro.

Prodotto 8

Metodologie di stima della vulnerabilità di tipologie rappresentative di Chiese

Descrizione. I problemi fondamentali che stanno alla base di una corretta stima della vulnerabilità di sistemi strutturali a tipologia specialistica sono sostanzialmente due: la diagnostica strutturale e la modellazione. Per quanto riguarda la diagnostica strutturale sono state elaborate delle schede di vulnerabilità, basate su criteri di tipo quantitativo, adatte a definire la vulnerabilità di 1° e 2° livello delle chiese ad una o più navate. Essendo le chiese caratterizzate da pareti in muratura di rilevante snellezza, sprovviste tra l'altro di orizzontamenti, nell'elaborare le schede si è ritenuto importante fare pesare in maniera determinante i suddetti aspetti correlati alla particolare snellezza. Altri fattori che sono stati presi in considerazione riguardano gli stati di danneggiamento. Tenuto conto di tutto ciò, si è riusciti a specializzare le schede facendo riferimento a due soli indici di vulnerabilità: il primo legato alle caratteristiche tipologiche ed alla snellezza strutturale, definito indice di sicurezza; l'altro rappresentativo dello stato di danneggiamento, definito indice di danno. Queste schede sono state utilizzate per espletare un'indagine su un congruo numero di chiese del centro storico di Catania, pervenendo ad una classificazione tipologica in termini di vulnerabilità. La Chiesa di S. Nicolò l'Arena, pregevole monumento nel centro storico di Catania, è stata quella che ha presentato il più alto livello di vulnerabilità. Con riferimento a questo monumento, scelto come campione rappresentativo delle tipologie prese in esame, si è proceduto alla seconda fase di indagine consistente nella definizione di un appropriato modello di calcolo dinamicamente identificato. A tale scopo sono state utilizzate le moderne tecniche di identificazione strutturale, rilevando le caratteristiche dinamiche del monumento attraverso una prova vibrazionale in sito, di particolare interesse. L'analisi nel dominio del tempo e delle frequenze ha

consentito di trarre utili informazioni nei confronti del comportamento sismico globale e con riguardo alla individuazione di macro elementi a rischio, costituiti dalla cupola con tamburo di rilevante snellezza, di cui la chiesa è dotata. Anche i modi di vibrare ottenuti hanno dato conferma della situazione di rischio riscontrata. Altra indagine, precedentemente espletata, ha consentito di metter in luce che altri macro elementi a rischio, ricorrenti nelle opere monumentali, sono costituiti da sistemi a volta in muratura. Con riferimento a questi due sistemi di pregevole interesse strutturale e meritevoli di studi più approfonditi, l'analisi è stata spinta in campo non-lineare tenendo anche conto dello stato di danneggiamento. I risultati hanno consentito di determinare il carico di collasso e definire gli interventi migliorativi di tipo conservativo, adatti a ridurre il livello di vulnerabilità. Sono in corso di programmazione delle prove dinamiche su prototipi attraverso l'uso di tavole vibranti del centro di Casaccia (Roma) dell' ENEA, finalizzate a verificare l'attendibilità delle metodologie di calcolo adottate e dei risultati ottenuti, cui si intende dedicare il terzo anno di attività del progetto.

Versione finale. Le schede di vulnerabilità sono state elaborate allo scopo di potere valutare due diversi livelli di vulnerabilità: vulnerabilità di primo livello, di carattere globale, di agevole e spedita applicazione; vulnerabilità di secondo livello fornita dalla media tra quella di primo livello e la media pesata delle vulnerabilità locali relative ai vari macro elementi più significativi considerati. Tutto ciò per favorire lo svolgimento di indagini su aree estese dei centri storici i cui risultati, incrociati con la pericolosità del sito, consentiranno la definizione delle mappe di rischio. Le metodologie di calcolo riguardanti la modellazione e soprattutto l'analisi allo stato ultimo dei due sistemi strutturali, verranno specializzate al fine di individuare dei meccanismi di probabile collasso di facile interpretazione ed utile impiego. I risultati ottenuti sono già stati presentati al 12th ECEE tenutosi a Londra nel settembre 2002 ed all'ultimo convegno ANIDIS svoltosi a Genova nel gennaio 2004. Inoltre, i risultati più significativi saranno pubblicati su riviste ad indirizzo specialistico e, al completamento del terzo anno di attività, si auspica che il lavoro svolto possa essere interamente raccolto in una monografia dal titolo "Metodologie e tecniche di prevenzione sismica a tutela del patrimonio monumentale" della collana GNDT.

Utilità per la Protezione Civile. Le schede di vulnerabilità, ed in particolare quelle di primo livello, si ritengono particolarmente utili per indagare su aree estese di centri storici, al fine di potere pervenire, in forma piuttosto spedita, alla definizione di una scala di priorità per gli interventi a carattere preventivo da attuare. Altrettanto utili le suddette schede possono risultare in fase di emergenza per esprimere giudizi preliminari riguardanti l'agibilità e gli interventi provvisori di messa in sicurezza. La corretta interpretazione del comportamento sismico è necessaria per la scelta degli interventi di miglioramento sismico di tipo conservativo e reversibile, facendo anche ricorso all'impiego di materiali innovativi. Soltanto perseguendo una adeguata strategia di calcolo si riuscirà ad evitare interventi pesanti ed invasivi come quelli adottati in passato che hanno stravolto l'interesse ed i valori architettonici di molte opere. Proprio per arginare queste gravi situazioni si ritiene inoltre che i risultati ottenuti possano tornare utili per la

messa a punto di raccomandazioni e prescrizioni a carattere normativo, rivolti alla tutela del patrimonio monumentale, di cui l'Ordinanza n°3274/2003 della P.C.M. è priva. A riguardo si ha intenzione di intraprendere iniziative con gli Organi della Protezione Civile locali e nazionali e con gli Enti responsabili dei Beni Culturali al fine di potere istituire un gruppo di studio, costituito da esperti in materia, per la risoluzione del problema specifico, che si reputa di particolare importanza.

Prodotto 9

Metodologie di stima della vulnerabilità di tipologie rappresentative di edifici in c.a.

Descrizione. Sono state effettuate diverse analisi puntuali di vulnerabilità sismica con riferimento a edifici in c.a. le cui tipologie costruttive si possono ritenere rappresentative di un gran numero di edifici costruiti tra il 1960 e il 1980. Sono stati messe a punto delle nuove procedure per la valutazione di vulnerabilità sismica di edifici in c.a. anche in presenza di pareti di taglio. Tali metodologie sono state applicate su alcuni casi di studio.

Versione finale. Relazione finale che descrive i risultati conseguiti evidenziando le differenze di comportamento nelle diverse tipologie costruttive esaminate. Le innovazioni metodologiche proposte per lo studio del comportamento a collasso delle tipologie costruttive esaminate sono state pensate e semplificate con il preciso obiettivo di potere essere utilizzate anche nella pratica professionale alla luce delle indicazioni espresse nell'ottica della ordinanza del P.C.M. n.3274 e/o di successive modifiche della normativa sismica attualmente vigente.

Utilità per la Protezione Civile. I risultati ottenuti e in corso di valutazione saranno estremamente utili ai fini della valutazione della resistenza sismica di diverse tipologie di edifici in c.a.. Inoltre alcune delle procedure numeriche introdotte consentono valutazioni speditive di vulnerabilità sismica e pertanto risultano di estrema utilità in situazioni di emergenza pre e post sismica in quei casi in cui occorre esprimere non semplici giudizi di agibilità.

Prodotto 10

Valutazione del terremoto di progetto ai fini degli interventi migliorativi, secondo le indicazioni dell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003

Descrizione. Secondo quanto previsto dall'EC8 e dalla Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, è stata operata una caratterizzazione geotecnica del sito al fine di pervenire ad una definizione delle classi di suolo e delle condizioni di stabilità del sito medesimo. La caratterizzazione geotecnica è stata operata sulla base delle indagini disponibili e di altre appositamente eseguite (test sites). La stabilità del sito è stata valutata sulla base dell'analisi del pericolo di frana (prodotto 6) e del pericolo di liquefazione (prodotto 7). L'analisi della risposta sismica locale ha consentito la microzonazione sismica del territorio (prodotto 5), nonché la definizione di spettri di risposta per ciascuna delle aree individuate nella microzonazione sismica. Valutazioni dettagliate sono state eseguite in corrispondenza di edifici di particolare importanza e di tutte le 108 chiese della

città di Catania. In particolare una approfondita indagine geotecnica è stata eseguita per il sito dove è ubicata la chiesa di San Nicola alla Rena, danneggiata dal terremoto del 13 dicembre 1990. Sulla base dei risultati delle indagini è stata valutata la risposta sismica locale, nonché lo spettro di risposta elastico ed anelastici che è stato utilizzato per la modellazione dell'interazione terreno-struttura (prodotto 8), propedeutica agli interventi di miglioramento sismico della chiesa suddetta. Per quanto riguarda l'analisi del comportamento sismico delle fondazioni, si rimanda al prodotto 12; per quanto riguarda l'analisi del comportamento sismico delle opere di sostegno, oltre alle procedure previste dall'EC8 e dall'Ordinanza, è stato messo a punto un modello originale in campo pseudo-statico. È altresì in corso di elaborazione un modello pseudo-dinamico per l'analisi dell'accumulo degli spostamenti delle opere di sostegno sotto l'azione sismica.

Versione finale. Mappa georeferenziata delle classi di suolo, secondo le prescrizioni dell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, in scala 1:10.000; mappe della amplificazione sismica locale valutata sulla base dei coefficienti amplificativi forniti dall'ordinanza per le varie classi di suolo; spettri di risposta per ciascuna delle aree individuate nella microzonazione sismica.

Utilità per la Protezione Civile. La mappa georeferenziata delle classi di suolo della città di Catania, costituisce un esempio metodologico per la realizzazione di microzonazione per altri centri abitati. Inoltre le indagini geotecniche effettuate nella città di Catania costituiscono un esempio del livello minimo di indagini richieste per gli studi di microzonazione e le analisi di stabilità del sito. Dal confronto tra le prescrizioni dell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 con i risultati della microzonazione della città di Catania è possibile evidenziare alcune lacune dell'Ordinanza nel campo geotecnico ed i possibili miglioramenti da apportare all'ordinanza medesima, con particolare riferimento all'analisi di stabilità dei pendii, all'analisi della liquefazione ed all'analisi di stabilità delle opere di sostegno.

Prodotto 11

Sistema informatizzato per la raccolta dei dati per interventi migliorativi sugli edifici

Descrizione. Il sistema proposto integra i seguenti moduli: 1) banca dati finalizzata alla raccolta dati relativi ad edifici in c.a. 2) visualizzatore 3D implementato in ambiente Autocad 3) G.I.S. implementato in ambiente Autocad 4) solutore finalizzato alla valutazione della vulnerabilità sismica.

Versione finale. Comprenderà i moduli 1,2,3. Successivi sviluppi saranno orientati alla implementazione del solutore.

Utilità per la Protezione Civile. Consentirà la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici attraverso diverse strategie, definibili in funzione della completezza dei dati acquisiti.

Prodotto 12

Tipologie di interventi migliorativi delle fondazioni per tipologie rappresentative per edifici in muratura ed in c.a.

Descrizione. L'analisi della capacità portante delle fondazioni è stata condotta secondo le prescrizioni dell'EC8 e dell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. Inoltre è stato messo a punto un modello originale che, secondo quanto suggerito dall'EC8, tiene conto della inerzia del terreno immediatamente sottostante la fondazione. Sono fornite le espressioni analitiche che consentono di valutare l'effetto dell'inerzia del terreno, in modo semplice e facilmente applicabile da parte dei progettisti. Sono stati altresì impiegati i coefficienti parziali di riduzione delle resistenze previsti dall'EC7, totalmente ignorato dall'ordinanza). Sulla base dell'accurata valutazione della capacità portante in condizioni sismiche sono stati altresì proposti interventi migliorativi delle fondazioni per le tipologie rappresentative più ricorrenti di edifici in muratura ed in c.a.. Alcune delle tipologie di interventi descritti, sono stati già realizzati, anche al di fuori del centro abitato di Catania, in edifici in muratura, in edifici in c.a. dotati di fondazioni superficiali e/o su pali ed in edifici monumentali (Cattedrale di Noto).

Versione finale. Sono stati pubblicati da parte del Coordinatore alcuni esempi di interventi in fondazione già realizzati in edifici ubicati al di fuori del centro storico di Catania. Proposte similari basate su una avanzata analisi della capacità portante del terreno sono state proposte per alcuni edifici in muratura ed in c.a. rappresentativi dell'edilizia del centro storico di Catania, desunti da una ricerca effettuata nell'Archivio Storico della città di Catania.

Utilità per la Protezione Civile. La maggior parte dei dissesti che si verificano nelle costruzioni in campo statico, sono dovuti a cedimenti delle fondazioni. Poiché la maggior parte degli edifici del centro storico di Catania sono stati realizzati prima del 1981, data di classificazione di Catania in zona sismica di 2^a categoria, tali edifici presentano carenze di capacità portante delle fondazioni nei confronti di un terremoto severo. Pertanto le prescrizioni di miglioramento strutturale previste dalla Ordinanza devono essere estese alle fondazioni. Le proposte avanzate rappresentano un contributo al miglioramento sismico degli edifici in aggiunta al contributo di tipo strutturale di cui ai prodotti 13 e 14.

Prodotto 13

Tipologie di interventi migliorativi per tipologie rappresentative per edifici in c.a.

Descrizione. A valle della definizione della tipologia prevalente, definita attraverso lo studio di progetti acquisiti presso alcuni Enti della Città di Catania, sono attualmente in fase di sviluppo progetti di adeguamento/miglioramento ognuno dei quali è caratterizzato da diverse tecniche di intervento: 1) interventi di tipo diffuso; 2) realizzazione di elementi irrigidimenti quali pareti di c.a. e/o controventi di acciaio; 3) realizzazione di controventi dissipativi; 4) isolamento alla base. Un caso di studio di un edificio isolato alla base è stato studiato nel dettaglio. In particolare è stata valutata la resistenza sismica dell'edificio, fino al collasso, prima e dopo

l'intervento di isolamento sismico e sono state messe a punto delle procedure semplificate per la stima accurata e speditiva della resistenza sismica di edifici adeguati mediante isolamento alla base. Ulteriori studi sono stati rivolti alla ricerca di nuovi dispositivi per il controllo passivo della risposta sismica degli edifici.

Versione finale. I risultati ottenuti verranno raccolti in una relazione finale, oltre che pubblicati in libri e riviste specialistiche. Essi arricchiranno il database dei casi di studio già disponibili allo scopo di orientare il progettista sulla scelta dell'intervento di adeguamento sismico più appropriato in relazione alle esigenze dell'opera su cui occorre intervenire.

Utilità per la Protezione Civile. Le indicazioni che verranno fuori dagli studi effettuati consentiranno di orientare le scelte da operare in merito agli interventi di adeguamento sismico soprattutto per gli edifici che rivestono un ruolo di primaria importanza ai fini di protezione civile e che pertanto devono rimanere operativi anche in condizioni di emergenza post-sismica. Per quanto riguarda gli edifici comuni di civile abitazione, l'individuazione della tipologia di intervento migliorativo da eseguire consentirà una accurata analisi costi-benefici, utile alla Protezione Civile per quantificare le risorse necessarie a mitigare il rischio sismico nella città di Catania.

Prodotto 14

Codice di pratica per interventi migliorativi di edifici in c.a.

Descrizione.. Il Codice di pratica fornirà indicazioni metodologiche finalizzate all'acquisizione dati ed alla scelta della strategia di intervento.

Versione finale. Comprende due volumi, il primo dei quali è di natura metodologica ed il secondo, di tipo applicativo, illustrerà esempi progettuali.

Utilità per la Protezione Civile. Consentirà la divulgazione di metodologie finalizzate alla progettazione degli interventi di adeguamento/miglioramento.

Scenari di danno nell'area veneto-friulana

Coordinatore: Prof. Marcello Riuscetti

Scopo del Progetto

Si è scelto di migliorare le conoscenze sul potenziale sismogenetico di una regione che si trova ai margini dell'area colpita dal terremoto del Friuli del 1976. Si tratta di un'area nella quale sono possibili, secondo la zonazione sismogenetica considerata valida al momento della progettazione delle ricerche, terremoti con magnitudo anche tra 6 e 7. Negli ultimi due secoli sono avvenuti due terremoti disastrosi (Alpago-Cansiglio, 1873 e 1936) e sono gli unici, per altro, che forniscono riferimenti certi per la sismicità dell'area.

Il territorio in studio è diffusamente abitato, con una fitta struttura produttiva fatta per lo più di piccole e medie imprese ed un'altrettanto fitta rete d'infrastrutture vitali per lo sviluppo economico della regione. Sono numerosi, inoltre, i centri storici con un importante patrimonio di beni artistici e monumentali.

Pur essendo lo scopo principale quello di delineare alcuni scenari di danno su un sito rappresentativo, ci si è proposti, anche, di migliorare alcune conoscenze di carattere generale sia sulle strutture con potenziale sismogenico che sulla distribuzione della pericolosità perché di grado nettamente inferiore a quelle che si avevano nell'area immediatamente ad Est dopo gli studi conseguenti al terremoto del 1976.

Gli studi relativi a quel terremoto hanno, inoltre, consentito una buona messa a punto dei criteri per la determinazione della vulnerabilità sismica; criteri che sono applicati, insieme con altri anche in questa ricerca.

Rispetto al progetto iniziale sono stati apportati alcuni aggiustamenti oltre a quelli che sono propri di tutte le ricerche di lunga durata: alcuni per alcune variazioni nel team connesse con il prolungarsi del progetto ben oltre i termini inizialmente fissati, altre per le difficoltà che alcune attività sul campo hanno incontrato a causa della tempistica dei finanziamenti.

In conclusione gli scopi del progetto possono essere così sintetizzati:

1. Approfondimento delle conoscenze di carattere sismotettonico con individuazione delle maggiori sorgenti sismiche possibili e loro parametrizzazione.
2. Valutazione della pericolosità a scala regionale utilizzando uno schema ad albero logico per il controllo delle incertezze proprie di ciascun parametro impiegato: ubicazione e grandezza delle sorgenti, zonazione, leggi di attenuazione.
3. Individuazione di una coppia di terremoti per la costruzione degli scenari nel sito di Vittorio Veneto.
4. Scenario dettagliato di scuotimento a Vittorio Veneto mediante modellazione 2-D in campo lineare con misure in sito di parametri geotecnici e geofisici tarati sui dati di un'indagine diretta mediante perforazione.
5. Analisi di vulnerabilità con metodi statistici su scala vasta (circa 2500 Km²) ed indagini dirette nel centro storico (Serravalle) di Vittorio Veneto.

6. Simulazione in termini di danno economico diretto degli effetti di due terremoti associati: uno ad una sorgente storica (terremoto dell'Alpago-Cansiglio del 1936) ed uno ad una struttura tettonica attiva (Montello) di cui, però, non sono identificabili con certezza eventi collegati.

Tutto il materiale raccolto sarà integrato in un sistema GIS e reso disponibile mediante un CD-ROM.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Mappa di rischio su area estesa (gran parte delle province di Belluno, Treviso e Pordenone)

Descrizione. Valutazione probabilistica della pericolosità; vulnerabilità per tipologie edilizie compatibili con i dati ISTAT, tarata mediante indagini dirette su siti campione; esposizione calcolata in modo speditivo attraverso il costo medio di edificazione nei singoli comuni.

Versione finale. Carta della pericolosità e relazione dettagliata delle metodologie impiegate.

Utilità per la Protezione Civile. Le informazioni sulla sismicità dell'area sono sostanzialmente nuove e potranno essere utilizzate per l'affinamento della classificazione sismica.

Prodotto 2

Scenari di danno su un'area di circa 2500 Km² attorno a Vittorio Veneto

Descrizione. Gli scenari sono stati calcolati estrapolando i dati delle analisi puntuali sulla base delle informazioni contenute nel censimento ISTAT e la caratterizzazione geotecnico-geologica speditiva dei siti.

Versione finale. Carte della distribuzione del danno per i due terremoti di scenario con relativa relazione.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per la programmazione degli interventi d'emergenza e per l'individuazione dei punti critici.

Prodotto 3

Scenari di danno per Vittorio Veneto

Descrizione. Su area più ristretta la valutazione del danno è raffinata mediante una migliore conoscenza della risposta sismica locale conseguente le misure geofisiche in sito ed i dati di perforazione di un pozzo scavato all'uopo.

Versione finale. Carta della distribuzione del danno e carte intermedie con geologia di superficie, moto al bedrock ed effetti di sito in termini di accelerazione spettrale ed intensità.

Utilità per la Protezione Civile. Permette di valutare la convenienza di costosi studi di microzonazione in siti con simili caratteristiche geomorfologiche ed analoghe distanze epicentrali.

Prodotto 4

Scenari di danno nel quartiere di Serravalle (centro storico di V.Veneto)

Descrizione. L'affinamento rispetto agli scenari su area più vasta è dovuto all'ispezione diretta di tutti gli edifici compresi nelle due sezioni censuarie che definiscono il quartiere di Serravalle.

Versione finale. Carta e relazione dettagliata con la documentazione fotogrammetrica degli edifici di Via Casoni.

Utilità per la Protezione Civile. Metodologia adottabile per l'analisi di centri urbani di particolare pregio architettonico e monumentale ai fini della valutazione della convenienza del loro rinforzo.

Prodotto 5

Relazione conclusiva

Descrizione. Descrizione critica di procedure, metodologie e dati raccolti.

Versione finale.

Utilità per la Protezione Civile. Valutazione su opportunità o necessità di ulteriori studi nell'area ed in aree complessivamente simili.

TEMA 3

EFFETTI DEI TERREMOTI SULL'AMBIENTE FISICO E SULLE OPERE INFRASTRUTTURALI

Introduzione

A questo tema afferisce un solo progetto (Progetto coordinato da Calvi), relativo alla vulnerabilità sismica di sistemi infrastrutturali e dell'ambiente fisico.

Tra i vari prodotti finali attesi sono da annoverare alcune monografie relative a:

- Analisi dell'input sismico con diverse metodologie deterministiche e probabilistiche.
- Vulnerabilità sismica dell'ambiente fisico con l'utilizzo di analisi pseudo-statiche e dinamiche e la definizione di linee guida per la riduzione del rischio.
- Sviluppo di un GIS dedicato che potrebbe risultare estremamente utile ai fini di protezione civile.
- Analisi della vulnerabilità sismica delle infrastrutture viarie.
- Analisi della vulnerabilità sismica degli edifici industriali.
- Analisi della vulnerabilità sismica delle dighe in terra.

VIA - Riduzione della vulnerabilità sismica di sistemi infrastrutturali e ambiente fisico

Coordinatore: Prof. Gian Michele Calvi

Scopo del Progetto

Il progetto si propone di sviluppare metodologie per valutare il rischio sismico dei principali sistemi infrastrutturali e dell'ambiente fisico attraverso metodi osservazionali e analitici. Tali metodi vengono sviluppati sulla base delle esperienze acquisite e in seguito applicati per una validazione finale ad un'area campione collocata tra le province di Avellino e Benevento. Vengono inoltre affrontate le tematiche relative allo sviluppo di tecniche per la riduzione del rischio. I sistemi infrastrutturali considerati sono: le reti viarie, le reti elettriche, gli insediamenti industriali, le dighe e le opere di sostegno. A completamento degli studi è stato realizzato un sistema informativo territoriale (GIS) per la consultazione dell'enorme mole di dati acquisiti nel corso del progetto e la simulazione di possibili scenari di danno sull'area campione a seguito di eventi sismici all'interno dell'area stessa.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Input sismico

Descrizione. Descrizione dei metodi usati per la stima della pericolosità (Approccio deterministico, approccio probabilistico, de-aggregazione e terremoto di controllo, selezione dati). Valutazione della pericolosità sismica per la zona test (quadro sismotettonico). Valutazione della sismicità storica e strumentale (Pericolosità a grande scala, Terremoti chiavi, Input sismico specifico alla zona test, Input sismico per edifici isolati, Input sismici per strutture lineari, Input sismico per strutture aeree). Trattazione del problema del moto asincrono per l'area campione (Teoria per un'onda piana in un mezzo omogeneo, metodo numerico).

Versione finale. Vengono forniti i parametri per la valutazione puntuale della pericolosità su supporto cartaceo e su CD-ROM.

Utilità per la Protezione Civile. Valutazione accurata della pericolosità dell'area campione sulla quale basare future stime del rischio. Supporto e integrazione al sistema GIS (vedi in seguito) per valutazioni on-line degli effetti di eventi.

Prodotto 2

Vulnerabilità dell'Ambiente Fisico

Descrizione. Zonazione a livelli. Nel Livello I si sono dapprima validate le correlazioni tra magnitudo e distanza di attivazione per frane di diversa tipologia su dati storici dei cataloghi nazionali CEDIT (per i fenomeni deformativi) e NT4.1 (per gli eventi sismici). E' stato poi definito un parametro sintetico di Rischio Storico Relativo, RHR, che ha permesso la produzione di mappe GIS relative alle diverse tipologie di meccanismo attivabili (crolli, scorrimenti, colate). Per i livelli successivi di zonazione (II e III), sono stati eseguiti nell'area campione diversi rilevamenti geologici e geomorfologici, accompagnati dallo studio della cartografia esistente e dall'analisi di foto aeree ed ortofotocarte, che hanno consentito la redazione di carte geologiche e geomorfologiche digitali, a scale di dettaglio variabili da 1:25.000 e 1:10.000 (Livello II) fino a 1:2.000 (Livello III). Ad ogni formazione omogenea sotto il profilo geolitologico sono stati associati valori tipici della profondità della falda (z_w) e della probabile superficie di scorrimento (z). Tutte le frane sono state rilevate e catalogate con un modello di scheda appositamente messo a punto per il progetto. Per la caratterizzazione geotecnica delle differenti unità litologiche, si è ricorso alla raccolta e la sintesi di un gran numero di dati provenienti da indagini in sito e prove di laboratorio eseguite nell'area campione, acquisiti dagli UU.TT. degli 11 comuni ricadenti nell'area. Si è pervenuti così a carte della distribuzione dei parametri fisico-meccanici (peso unità di volume γ , parametri di resistenza c' e ϕ') necessari per le analisi di stabilità con metodi pseudostatici. Le analisi di Livello III sono state condotte su uno dei siti più vulnerabili nell'area campione. E' stato poi seguito un approccio probabilistico per valutare gli spostamenti, basato su curve di pericolosità generate dall'unità di ricerca dell'INGV. Le ordinate sono state moltiplicate per il fattore di amplificazione di sito per ottenere i valori attesi dell'accelerazione amplificata k (Fig. 4a). Sviluppo degli studi effettivo nel progetto, confronti con programma iniziale.

Versione finale. Metodologie di analisi del rischio e zonazione, Livello I. Analisi empirica (dati storici + correlazioni, scala regionale) cataloghi database (terremoti e danneggiamenti storici), correlazioni magnitudo-distanza di attivazione, fogli elettronici, manuali operativi per routine GIS e presentazioni output Livello II. Analisi pseudo-statica (scenario di pericolosità con approccio deterministico, carte di vulnerabilità, correlazioni in termini di spostamenti). Analisi Livello II: organizzazione database (fogli elettronici, schede), formulari per analisi di pericolosità e vulnerabilità, manuali operativi per routine GIS e presentazioni output. Sistema interattivo SISDRA Livello III. Analisi dinamica semplificata (analisi locale di pericolosità con approccio probabilistico, calcolo di spostamenti con metodi dinamici semplificati) dati input (curve di pericolosità, accelerogrammi, modello pendio), descrizione software (analisi dinamiche semplificate di risposta sismica locale, modello di blocco rigido), presentazioni output (curve fragilità, accelerogrammi, spostamenti permanenti Livello IV. Analisi dinamica avanzata (analisi dinamica tensioni-deformazioni). Applicazione all'area di studio Livello I. Correlazioni regionali; Carte del rischio storico relativo. Livello II. Relazioni geologiche; Schede frane esistenti; Carte dei parametri del terreno, accelerazioni

critiche, spostamenti attesi; Valutazione delle correlazioni. Tipologie di interventi di stabilizzazione: scelta, dimensionamento e verifica.

Utilità per la Protezione Civile. Analisi a livello differenziato del rischio sull'ambiente fisico. Linee guida per gli interventi di riduzione del rischio. Possibile estensione ad aree di maggiori dimensioni.

Prodotto 3

Sviluppo del GIS

Descrizione. Acquisizione e gestione dei dati relativi a cartografia del territorio, viabilità delle maggiori linee di comunicazione, linee di trasporto dell'energia elettrica, grandi complessi industriali e dighe. Acquisizione dei dati derivanti da stazioni GPS permanenti e mobili. Catalogazione di dati relativi ai sistemi infrastrutturali. Acquisizione di dati relativi alla pericolosità ed implementazione di modelli per il calcolo automatico in funzione dei dati caratteristici dell'evento (coordinate dell'epicentro, profondità e magnitudo), sviluppo di modelli per la valutazione dei danni conseguenti all'evento scelto. Rappresentazione sulle carte dei danni. Il prodotto principale è rappresentato dal GIS accessibile da web sfruttando tre diverse tecniche di sviluppo basate sulle seguenti piattaforme: ESRI software, ArcInfo e Web GIS Java based.

Versione finale. La versione finale del WEB GIS prototipo è disponibile all'indirizzo <http://geo-survey.unipv.it/WEBSITE/PROGETTOVIA/>.

Utilità per la Protezione Civile. Il prodotto è di grande utilità per effettuare valutazioni di scenario relative ad un particolare evento impostato via web. Vengono infatti restituite delle carte tematiche sulle quali vengono segnalate tutte le opere e del relativo livello di danno previsto. Benché il GIS implementato non sia direttamente esportabile ad altre aree rimane comunque il background acquisito per questa singolare applicazione delle tecniche GIS al caso della previsione del rischio che consentirà in futuro una rapida estensione a nuove aree di uguali dimensioni o anche maggiori.

Prodotto 4

Vulnerabilità delle reti viarie

Descrizione. Procedura di valutazione del rischio. Prevede la definizione iniziale di stati limite, quali ad esempio: transitabilità consentita a tutti gli autoveicoli; transitabilità consentita solo ai mezzi di soccorso; transitabilità interrotta. Questi stati limite sono associati a predefiniti valori di variabili meccaniche come lo spostamento o la richiesta di duttilità in sommità delle pile, la curvatura nelle sezioni di base, etc. Il comportamento del ponte all'aumentare dei carichi orizzontali è ricavato per via numerica. Definito lo stato limite di riferimento, mediante uso di uno spettro di risposta in spostamento, si determina l'accelerazione al suolo in grado di determinarlo. La procedura sopra riportata è implementata in un codice di calcolo ed è stata applicata alle principali opere d'arte rilevate nell'area campione. E basata su un numero limitato di analisi

dinamiche non lineari volte alla definizione statistica dei massimi della risposta strutturale, cui fa seguito la soluzione di un problema affidabilistico del tipo “time invariant”. Essa tiene conto della correlazione esistente tra le domande e le capacità e di una generica logica di funzionamento del sistema. Applicazioni del metodo precedente sono state realizzate allo studio degli effetti della variabilità spaziale del moto sismico su strutture da ponte. Oltre agli studi sulle singole strutture è stata inoltre implementata una procedura affidabilistica per la valutazione del funzionamento post-sisma di una rete infrastrutturale. Tra le diverse funzioni della rete stradale, i cui rami possono risultare inagibili in seguito del collasso dei ponti in essi compresi, quella considerata nello studio è la possibilità di espletare operazioni di soccorso agli edifici scolastici danneggiati. Per conseguire tale obiettivo è necessario che rimanga aperta la comunicazione tra le scuole e i centri di soccorso e gli ospedali ancora in grado di funzionare. Gli elementi necessari per lo studio comprendono le fragilità dei ponti, delle scuole, degli ospedali e dei centri di soccorso. Studi analoghi a quelli per ponti in c.a. sono stati realizzati anche per i ponti in muratura e per i muri di sostegno. Nel caso dei ponti in muratura è stato impostato uno studio articolato in fasi di progressivo approfondimento sulla modellazione dei meccanismi di collasso di ponti in muratura. Lo svolgimento ad oggi comprende: lo sviluppo di modelli semplificati per la valutazione della capacità portante di elementi singoli e di configurazioni semplici; l'applicazione di analisi dinamica elastica con spettro di risposta per la determinazione delle azioni massime di origine sismica su un ponte campione esistente. E' stata inoltre elaborata una scheda per il rilievo dettagliato delle caratteristiche geometriche, meccaniche e di degrado dei ponti in muratura. Per muri di sostegno è stato svolto uno studio per un tratto campione di strada lungo circa 10 km con l'applicazione di procedure sperimentali e teoriche per la determinazione della vulnerabilità sismica. In particolare sono stati effettuati: il rilievo geometrico di rilevati stradali e muri di sostegno, sondaggi stratigrafici e prove SPT, prove con il dilatometro dinamico per la rigidità a taglio, analisi dinamiche non-lineari per la verifica dei rilevati stradali, analisi pseudodinamiche per rilevati stradali e muri di sostegno.

Versione finale. I dati relativi agli studi compiuti sono sintetizzati in un rapporto-linee guida per la valutazione. Sono inoltre resi disponibili gli strumenti di calcolo utilizzati per le valutazioni. Parte dei risultati sono integrati al GIS precedentemente descritto.

Utilità per la Protezione. Sono di grande interesse i risultati conseguiti in termini di strumenti di analisi sviluppati genericamente applicabili ai ponti in c.a. e muratura e ai sistemi infrastrutturali. L'implementazione nel GIS amplia le possibilità da strumento per la restituzione a strumento di analisi e previsione.

Prodotto 5

Vulnerabilità delle reti elettriche

Descrizione. Il prodotto fornito è frutto delle seguenti attività 1) Raccolta dati relative alla rete italiana in alta e media tensione. I dati si riferiscono al zona del

sud-Italia ovvero quella relative all'area campione. 2) Analisi dello stato dell'arte relativo alla valutazione del rischio di della rete elettrica, dei metodi utilizzati e delle tecniche proposte nel passato per la riduzione del rischio. Particolare attenzione è stata rivolta alle curve di fragilità dei componenti delle sottostazioni di trasformazione dividendole per tipi e classi. 3) Identificazione dei isolatori sismici utilizzati a scopo di riduzione del rischio sismico. Particolare attenzione è stata rivolta ai wire-rope frequentemente utilizzati nelle sottostazioni. 4) Analisi sperimentali (presso il laboratorio dell'università di Roma Tre) finalizzate alla identificazione delle curve di comportamento ciclico di isolatori con caratteristiche differenziate. 5) Estese attività sperimentali costituite da prove pseudostatiche in controllo di spostamento sono state condotte in laboratorio su isolatori elettrici e trasformatori di corrente della sottostazione di Valmontone (Italy). Le prove hanno permesso la loro caratterizzazione e lo studio delle modalità di collasso. 6) Analisi di fragilità dei componenti finalizzata alla definizione del rischio.

Versione finale. Rapporto contenente i risultati ottenuti dalle attività sperimentali, dall'identificazione dei parametri caratteristici dei modelli. Calcolo delle curve di fragilità dei componenti di sotto stazione, valutazione del comportamento sismico di sistemi isolati. File contenente i dati raccolti relative. Software di calcolo ASK x HELP per la valutazione del rischio sismico delle reti elettriche con il relative manuale d'uso.

Utilità per la Protezione Civile. I prodotti sopra elencati hanno un'immediata fruibilità presentando un studio particolareggiato sulla porzione di rete relativo all'area campione. Il software fornito ha invece un utilizzo generale.

Prodotto 6

Vulnerabilità degli edifici industriali

Descrizione. Database di classificazione delle tipologie strutturali presenti negli impianti petrolchimici di stoccaggio e di produzione; Indicazioni sui modelli di calcolo e sui software di rischio più diffusi per la valutazione delle conseguenze di incidenti industriali; definizione di parametri sintetici di valutazione del potenziale di rischio e della vulnerabilità di impianti petrolchimici per una più dettagliata classificazione degli impianti industriali in relazione al rischio sismico; linee guida per la valutazione delle conseguenze di eventi catastrofici in relazione ad eventi sismici agenti su impianti petrolchimici: casi studio; linee guida per la riduzione della vulnerabilità dei serbatoi: casi studio; definizione di parametri sintetici di valutazione del potenziale di rischio e della vulnerabilità di impianti petrolchimici per una più dettagliata classificazione degli impianti industriali in relazione al rischio sismico; database di classificazione delle tipologie prefabbricate più comuni esistenti sul territorio nazionale.

Versione finale. Linee guida per la valutazione della vulnerabilità di strutture prefabbricate di grande luce esistenti ed underdesigned.

Utilità per la Protezione Civile. Le linee guide costituiscono uno strumento di utilizzo generale.

Prodotto 7

Vulnerabilità delle dighe in terra

Descrizione. Il programma operativo si è articolato in diverse fasi. Così come previsto dal progetto sono stati catalogati, descritti ed esaminati i principali meccanismi di deformazione permanente e di rottura riscontrati in tali opere causati da eventi sismici di forte intensità. L'attività ha consentito di inquadrare le problematiche legate alla risposta sismica di una diga in terra, indicando i meccanismi di collasso da considerare nella valutazione della sicurezza. Sono stati altresì catalogati, descritti e comparati i diversi metodi di analisi, cercando di definire per ciascuno di essi potenzialità e limiti nella valutazione della sicurezza rispetto a quei meccanismi di collasso evidenziati dal precedente studio. È stata prodotta un notevole sforzo per identificare una diga campione che risultasse abbastanza rappresentativa del panorama di dighe presente in Italia, da un punto di vista tipologico, geometrico e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali da costruzione; che fosse allo stesso tempo ben documentata riguardo le grandezze fisiche monitorate. L'opera rispondente ai requisiti anzi elencati è stata individuata nella diga di Ponte Fontanelle sul torrente Camastra, in provincia di Potenza. Il sito di ubicazione della diga era classificato non sismico all'epoca della realizzazione ed è stato successivamente riclassificato come zona sismica di II categoria. L'opera rappresenta pertanto un caso tipico in Italia di diga progettata senza adottare criteri antisismici e che attualmente deve ancora essere riquadrificata (cioè verificata ed eventualmente adeguata) da un punto di vista sismico. L'opera pertanto appartiene alla tipologia di diga in terra zonata con nucleo centrale. Lo studio ha riguardato preliminarmente la caratterizzazione della cosiddetta "storia di carico", ovvero dell'evoluzione temporale delle condizioni al contorno associate alla costruzione, all'invaso e ad eventi sismici. Successivamente l'informatizzazione, la rappresentazione e l'interpretazione delle prove di laboratorio eseguite sui materiali costituenti il corpo rilevato e delle misure realizzate nel corpo diga e al suo contorno, dalla fase costruttiva ad oggi (cedimenti interni; pressioni della fase liquida; componenti verticali di tensioni totali; misure di spostamenti al contorno). A seguito del sisma dell'Irpinia ($M=6.8$, distanza epicentrale 80 Km) l'opera non ha manifestato apprezzabili variazioni delle grandezze fisiche misurate, e in tal senso essa è stata già sottoposta ad una verifica di tipo sperimentale per un evento sismico che al sito di ubicazione dell'opera può essere considerato di media intensità. Oltre agli obiettivi di progetto richiamati all'inizio, l'attività di ricerca ha cercato anche di caratterizzare il ruolo delle misure accelerometriche realizzate su dighe in terra, ovvero di individuare le rappresentazioni e le elaborazioni ottimali che consentano, attraverso tali misure, di cogliere alcuni aspetti del comportamento d'insieme della diga. Allo scopo la strumentazione di tipo statico è stata integrata con una rete accelerometrica costituita da 5 postazioni di misura, di cui tre ubicate in corrispondenza del coronamento e 2 ubicate in corrispondenza delle due formazioni rocciose di base su cui è fondata l'opera. Nel corso del progetto sono

stati registrati, rappresentati ed analizzati 12 eventi sismici di debole intensità. La caratterizzazione sperimentale delle proprietà meccaniche dei materiali da costruzione è stata basata, oltre che sui risultati delle prove di laboratorio eseguite al tempo della costruzione, anche sui risultati di prove in sito eseguite nell'ambito del progetto. Le azioni sismiche di riferimento sono state utilizzate per la previsione del comportamento dell'opera in presenza di eventi sismici di forte intensità. La previsione teorica del comportamento sismico della diga è stata studiata attraverso i seguenti approcci: - Analisi dinamica accoppiata della diga, assoggettata alla storia di carico statica e alle azioni sismiche di riferimento, - Analisi pseudostatica della diga, assoggettata al coefficiente sismico previsto dalla vecchia normativa, - Analisi pseudostatica della diga, assoggettata al coefficiente sismico "equivalente" ricavato dall'analisi dinamica della struttura sotto l'effetto delle azioni sismiche di riferimento, - Analisi pseudostatica della diga, assoggettata agli stati tensionali previsti attraverso l'analisi dinamica accoppiata, - Analisi pseudodinamica alla Newmark della diga, assoggettata alle azioni sismiche di riferimento al bedrock e alle azioni sismiche di riferimento modificate attraverso l'analisi dinamica.

Versione finale. Rapporto sulle attività contenente i metodi da utilizzare per l'approccio alla valutazione del rischio delle dighe in terra basato sulle attività e sulle osservazioni sperimentali.

Utilità per la Protezione Civile. I prodotti sopra elencati hanno un'immediata fruibilità presentando un studio particolareggiato sulle problematiche dell'area campione.

TEMA 4

STRATEGIE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Introduzione

A questo tema afferiscono quattro progetti, due dedicati allo sviluppo di strumenti educativi per le scuole elementari, medie e superiori, finalizzati alla riduzione del rischio sismico, uno relativo alla definizione di linee guida per Enti locali e professionisti ed un altro per la creazione di un sistema d'allarme sismico con un osservatorio sottomarino.

Il Progetto coordinato da Camassi ha già prodotto degli strumenti formativi per il 1° e 2° ciclo della scuola elementare e media, che sono in fase di sperimentazione presso una quindicina di istituti scolastici in tre Regioni italiane (Friuli, Emilia e Calabria). Entro la fine delle attività verranno anche prodotti n. 2 CD-ROM, uno relativo alla formazione al tema della vulnerabilità sismica ed un altro relativo ad un itinerario virtuale alla storia sismica del territorio nazionale.

Il Progetto coordinato da Silvestrini ha previsto la creazione di una rete di sismografi didattici operante nell'area napoletana. Tale rete ha permesso l'addestramento di giovani all'installazione e gestione di una stazione sismica e all'interpretazione dei dati raccolti. Sono previsti dei CD-ROM da utilizzare presso le scuole.

Il Progetto coordinato da Marchetti, di cui è già stato tratto per gli aspetti relativi all'analisi degli edifici nei centri storici, prevede in questo tema la definizione di linee guida per le indagini e la diagnosi di vulnerabilità di centri storici e la scelta di efficaci tecniche d'intervento.

Il Progetto coordinato da Beranzoli ha riguardato la realizzazione ed installazione di un osservatorio sottomarino atto al monitoraggio di parametri geofisici d'interesse sismologico, gravimetrico ed oceanografico. Il prototipo dell'osservatorio è stato testato con esiti altamente positivi e strumenti analoghi potranno essere utilizzati per future installazioni in aree marine prossime a zone attive, sia come stazioni remote sia per la creazione di sistemi di allarme sismico.

Progettazione di reti di monitoraggio e allarme in aree marine prospicienti zone ad elevato rischio sismico. Prima realizzazione di un nodo nella Sicilia Orientale

Coordinatore: Dott.ssa Laura Beranzoli

Scopo del Progetto

Il progetto ha avuto come scopo la realizzazione e la messa in opera per almeno 6 mesi di un primo nodo (osservatorio SN-1) della rete italiana di monitoraggio sottomarino multidisciplinare e la rivisitazione della geologia, geodinamica e tettonica dell'area della Sicilia orientale, comprendente il sito di deposizione dell'osservatorio SN-1, anche attraverso l'acquisizione di nuove osservazioni di campagna e l'utilizzo di aggiornate metodologie analitiche applicate ai dati sismologici.

La realizzazione di SN-1 deriva dal consolidamento di esperienze precedentemente acquisite nella progettazione e costruzione di innovativi sistemi autonomi di monitoraggio multidisciplinare sottomarino per elevate profondità (4.000 m)

L'esecuzione del progetto ha beneficiato di una stretta sinergia tra ricerca tecnologica e ricerca scientifica che ha garantito il conseguimento di risultati molto significativi.

Gli obiettivi specifici del progetto sono da classificare classificati secondo le categorie di seguito descritte:

Obiettivi tecnologici

- i) Progettazione e realizzazione del primo osservatorio multiparametrico di una rete italiana di monitoraggio e allarme sismico sottomarino e deposizione dell'osservatorio per un periodo di almeno 6 mesi a largo delle coste della Sicilia orientale, ai piedi della scarpata di Malta;
- ii) convalida del sistema di osservazione sottomarino attraverso l'analisi della qualità dei dati scientifici e dei parametri di stato acquisiti durante la missione a fondo mare;
- iii) convalida del sistema di installazione del sismometro attraverso all'analisi del rumore sismico di fondo.

Obiettivi scientifici

- i) Determinazione e caratterizzazione delle strutture sismicamente attive durante il periodo 1978-2001 e dei relativi campi stress tramite: rilocalizzazione dei terremoti calabro-siciliani in modelli 1-D e 3-D calcolati; stima dei meccanismi focali; analisi tomografica dei tempi d'arrivo P ed S per i terremoti dell'area calabro-siciliana registrati dalle reti locali e dalla rete nazionale nel periodo indicato;
- ii) revisione della sismicità locale terrestre e marina anche con il contributo dei dati sismologici acquisiti dall'osservatorio SN-1 durante la missione a fondo mare e

- sulla base dell' integrazione di questi ultimi dati con quelli acquisiti dalle reti locali terrestri operanti nell'area;
- iii) stima dell'accuratezza delle localizzazioni ipocentrali calcolate anche integrando dati sismologici marini e terrestri;
 - iv) aggiornamento delle conoscenze su geologia, tettonica e geodinamica dell'area della Sicilia orientale tramite acquisizione di nuovi dati sperimentali e di campagna per l'elaborazione di un modello geodinamico di sintesi.

La rilevanza nazionale e internazionale del progetto ha determinato importanti ricadute che confermano il ruolo di leader dell'Italia rispetto alla gestione di sistemi di monitoraggio dei fondali marini.

In particolare, il progetto ha favorito la sinergia con l'attività condotta dai Laboratori Nazionali del Sud dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) in mare a largo di Catania, relativamente allo sviluppo di una infrastruttura per il test di una apparecchiatura sottomarina volta al rilevamento di neutrini. Grazie ad un accordo tra INGV e INFN e a un finanziamento specifico dell'INGV, nell'autunno 2004 l'osservatorio SN-1 sarà nuovamente posizionato nello stesso sito della prima deposizione e verrà collegato ad una delle due estremità di un cavo sottomarino già dispiegato dall'INFN dal porto di Catania fino all'area del sito di SN-1. Il cavo è stato installato con l'obiettivo primario di alimentare un telescopio marino per l'osservazione dei neutrini provenienti dall'universo lontano e di acquisire in tempo reale i parametri relativi a tali osservazioni. L'operazione di collegamento dell'osservatorio SN-1 al cavo sottomarino consentirà di alimentare l'osservatorio da terra ed acquisire in tempo reale dati geofisici e ambientali realizzando, primo caso in Europa, l'integrazione dell'osservatorio sottomarino con le reti geofisiche, in particolare sismologiche, che operano a terra.

E' opportuno sottolineare che le attività del progetto e quelle relative alla gestione di un osservatorio sottomarino permanente gettano le basi per la realizzazione di un polo scientifico e tecnologico di rilevanza europea basato sulla sinergia tra istituti di ricerca (INGV e INFN) e industrie locali e nazionali.

Va ricordato, infine, che nell'ambito del progetto Europeo ESONET- European Seafloor Observatory NETwork finanziato dalla Commissione Europea e finalizzato a promuovere lo sviluppo di una rete di osservatori sottomarini in aree di margine continentale dal mare Baltico al Mar Nero, l'osservatorio SN-1 è stato prescelto come uno siti ESONET, ovvero come uno dei nodi della rete sottomarina europea.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Osservatorio geofisico multiparametrico per profondità fino a 4000 m per osservazioni di lungo termine

Descrizione. L'osservatorio è costituito da un telaio in alluminio munito sulla sommità di un perno di aggancio/sgancio.

Nel telaio dell'osservatorio sono installati i seguenti dispositivi:

Sistemi

- Sistema di acquisizione (Data Acquisition Unit).
- Sistema di gestione delle funzionalità dell'osservatorio in modalità missione (Mission Control Unit).
- Sistema di comunicazione acustico (Acoustic communication system) per l'interrogazione dell'osservatorio dalla superficie e la verifica dei parametri di stato nel corso della missione.
- Dispositivo di rilascio del sismometro per il disaccoppiamento del sensore dal telaio dell'osservatorio e l'accoppiamento al suolo.
- Elettronica in contenitori in titanio.
- Pacco batterie al litio in contenitori di titanio.
- Predisposizione per un sistema di interfaccia di collegamento ad un cavo elettrro-ottico per l'alimentazione da terra e la trasmissione dati in tempo reale.

Sensori

- Sismometro larga banda a tre componenti (Guralp CMG-1T versione marina).
- Idrofono larga banda.
- Gravimetro (prototipo realizzato dall'Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario dell'Istituto Nazionale di AstroFisica-INAF, vedi Prodotto 3).
- Sensore di conducibilità, temperatura e pressione dell'acqua (CTD).
- Correntometro puntuale a tre componenti per la misura della velocità delle correnti d'acqua.

La realizzazione e messa in opera dell'Osservatorio sottomarino ha beneficiato di soluzioni scientifiche e tecnologiche sviluppate e sperimentate nell'ambito dei progetti GEOSTAR (1995-1999) e GEOSTAR-2 (1999-2001) coordinato dall'INGV e finanziato dalla Commissione Europea. Tali progetti hanno realizzato e convalidato un prototipo di osservatorio sottomarino multiparametrico per profondità fino a 4000 m completamente gestito dalla superficie marina attraverso un veicolo sottomarino realizzato all'uopo in grado di comunicare con siti a terra tramite sistemi di comunicazione acustica, e l'ausilio di una boa di superficie equipaggiata con sistemi di comunicazione satellitare.

Grazie ad un accordo tra INGV e INFN e a un finanziamento specifico dell'INGV, l'osservatorio SN-1 sarà posizionato nuovamente nell'autunno 2004 nello stesso sito della prima deposizione e verrà collegato ad una delle due estremità di un cavo sottomarino già dispiegato dall'INFN dal porto di Catania fino all'area del sito di SN-1. Il cavo è stato installato con l'obiettivo primario di alimentare un telescopio marino per l'osservazione dei neutrini proveniente dall'universo lontano e di acquisire in tempo reale i parametri relativi a tali osservazioni. L'operazione di collegamento dell'osservatorio SN-1 al cavo sottomarino consentirà di alimentare l'osservatorio da terra ed acquisire in tempo reale i dati geofisici e ambientali prodotti.

Versione finale. L'osservatorio completamente allestito è in attesa di essere preparato per la nuova deposizione prevista per l'autunno 2004.

Utilità per la Protezione Civile. Il progetto mette a disposizione un nuovo sistema di monitoraggio multidisciplinare geofisico e ambientale gestito dalla superficie sia per le operazioni di deposizione e recupero sia per la verifica delle condizioni operative. L'osservatorio è pronto per essere deposto nuovamente su fondale con collegamento a terra tramite cavo sottomarino per l'alimentazione e il trasferimento di dati. L'osservatorio è integrabile senza modifiche sostanziali nelle reti sismologiche operanti a terra.

Prodotto 2

Sviluppo di tecnologie abilitanti per la realizzazione e gestione di osservatori sottomarini

Descrizione. Sono state sviluppate e qualificate tecnologie quali:

- sistemi di acquisizione a basso consumo;
- metodologie per progettazione di strutture in lega leggera.

Tali metodologie possono essere rese disponibili per future realizzazioni di moduli di monitoraggio marino e terrestre.

Versione. Documentazione tecnica (manuali, disegni meccanici, schemi elettrici) in versione "as-built" è disponibile presso Tecnomare, la società responsabile dell'Unità Operativa preposta alla parte tecnologica del progetto.

Utilità per la Protezione Civile. Disponibilità di tecnologie e know-how per lo sviluppo di sistemi di monitoraggio marino per applicazioni in ambienti estremi e in condizioni complesse.

Prodotto 3

Sviluppo di nuova strumentazione per il monitoraggio sismico

Descrizione: Realizzazione di nuova strumentazione, in particolare gravimetri, per il monitoraggio sismico dei fondali marini con le seguenti caratteristiche:

- a. sensibilità dell'ordine di 10^{-9} g/v(Hz) nel range di frequenze 10^{-5} – 1 Hz.
- b. grande dinamica
- c. auto livellamento
- d. bassa dissipazione <300mW

Versione finale

Strumento convalidato a seguito di test in laboratorio e della missione dell'Osservatorio SN-1 rispetto alle seguenti prestazioni:

- Possibilità di correzione degli effetti termici per mezzo della misura della temperatura.
- Robustezza dell'apparato.

Utilità per la Protezione Civile. Disponibilità di un nuovo strumento per il monitoraggio sismico per applicazioni in ambiente marino fino a elevate profondità (= 4.000m).

Prodotto 4

Modelli 1-D e 3-D di velocità delle onde P, di rapporto V_p/V_s e di attenuazione delle onde di volume nella Sicilia nord-orientale

Descrizione. L'elaborazione dei tempi d'arrivo P ed S per i terremoti dell'area calabro-siciliana registrati dalle reti locali e dalla rete nazionale nel periodo 1978-2001 ha consentito la determinazione di un aggiornato modello minimo 1-D, della distribuzione 3-D della velocità P, del rapporto V_p/V_s nella crosta e nel lid superiore e dell'attenuazione delle onde P e S nell'intera regione di interesse. I risultati ottenuti hanno consentito di conseguire notevoli miglioramenti nella conoscenza della struttura crostale locale rispetto a quanto già disponibile dalle precedenti indagini.

Versione finale. I risultati menzionati al punto (a) sono illustrati nei seguenti lavori: Musumeci C., Di Grazia G. and Gresta S., 2003, "Minimum 1-D velocity model in Southeastern Sicily (Italy) from local earthquake data: an improvement in location accuracy", J. Seismol., 7, 469-478.; Giampiccolo E., Gresta S. e Ganci G., 2003, "Attenuation of body waves in Southeastern Sicily (Italy)", Phys. Earth Planet. Inter., 135, 267-279; Giampiccolo E., Gresta S. and Rasconà F., 2004, "Intrinsic and scattering attenuation from observed seismic codas in Southeastern Sicily (Italy)", Phys. Earth Planet. Inter., 145, 55-66; G. Barberi, M. T. Cosentino, A. Gervasi, I. Guerra, G. Neri, e B. Orecchio, "Crustal seismic tomography in the Calabrian Arc region, south Italy" in stampa su Phys. Earth Planet. Inter.

Utilità per la Protezione Civile. La stima del campo di velocità sismica crostale è uno strumento fondamentale per una accurata localizzazione dei terremoti, e dunque per l'identificazione delle strutture sismicamente attive, dato a sua volta basilare per la definizione dell'hazard sismico.

Prodotto 5

Caratterizzazione di strutture sismicamente attive tramite localizzazione di eventi sismici in un modello di velocità minimo 1-d e in un modello 3D

Descrizione. La localizzazione dei terremoti calabro-siciliani e le stime dei meccanismi focali effettuate utilizzando il modello minimo 1-d e il modello di velocità 3D menzionati al punto precedente (Prodotto 4) hanno consentito il miglioramento nell'accuratezza delle localizzazioni e la determinazione e caratterizzazione delle strutture sismicamente attive durante il periodo di indagine (1978-2001) e dei campi di stress su di esse agenti.

Versione finale. I risultati menzionati al punto (a) sono illustrati nei seguenti lavori: G. Barberi, M.T. Cosentino, A. Gervasi, I. Guerra, G. Neri, B. Orecchio, "Seismic

strain and seismogenic stress regimes in the crust of the southern Tyrrhenian region", EPSL, 2003, 213, 97-112; G. Neri, G. Barberi, G. Oliva, B. Orecchio, "Tectonic stress and seismogenic faulting in the area of the 1908 Messina earthquake, south Italy" di accettato per la stampa su GRL.

Utilità per la Protezione Civile. L'identificazione delle faglie sismicamente attive, e la definizione dei processi cinematici e dinamici che le interessano, rappresentano un dato ovviamente fondamentale per la definizione dell'hazard sismico nella regione.

Prodotto 6

Rilocalizzazioni ipocentrali e tests sintetici volti alla stima del miglioramento delle localizzazioni ipocentrali calcolate con l'integrazione di dati acquisiti da stazioni sismologiche marine di tipo OBS/H

Descrizione. La disponibilità del modello 3D di cui al Prodotto 3 e la disponibilità sismometri e idrofoni da fondo mare deposti nel Tirreno Meridionale nel corso del progetto TYDE-Tyrrhenian Deep Experiment tra il dicembre 2000 e il maggio 2001, hanno reso possibili:

- il confronto tra le localizzazioni effettuate con sole stazioni sismologiche di terra e le localizzazioni effettuate utilizzando anche stazioni a mare per eventi occorsi nel Tirreno meridionale e nella Sicilia nord-orientale;
- l'esecuzione di test sintetici per valutare quantitativamente i miglioramenti delle localizzazioni ipocentrali in termini di fattori di dispersione, derivanti dall'uso congiunto di osservazioni marine e terrestri.

Versione. Il miglioramento introdotto nelle localizzazioni ipocentrali dall'utilizzo di stazioni sismologiche marine è presentato sottoforma di mappe e tabelle nell'articolo di G. Barberi, L. Beranzoli, P. Favali, G. Neri e T. Sgroi, "Seismic location improvements from off-shore seismometry in Sicily" e nell'articolo di T. Sgroi, T. Braun, T. Dahm e F. Frugoni, "Integration of seismic data from land-based and OBS stations for the analysis of the seismicity in the southern Tyrrhenian Sea: the TYDE experiment" in fase di stampa su Annali di Geofisica.

Utilità per la Protezione Civile. La stima dei miglioramenti delle localizzazioni ipocentrali derivanti dall'integrazione di dati sismologici di terra e di mare, fornisce informazioni fondamentali per migliorare la capacità di monitoraggio delle attuali reti sismologiche, esclusivamente terrestri, attraverso l'introduzione di punti di osservazione a fondo mare.

Prodotto 7

Archivio delle registrazioni geofisiche, oceanografiche e ambientali con unico riferimento temporale acquisite dall'osservatorio SN-1

Descrizione. A seguito della prima missione dell'osservatorio SN-1 a 2105 m di profondità ai piedi della scarpata di Malta (Lat. N 37° 26,53312', Long. E 15°

23,58716', 2105 m di profondità) sono disponibili serie temporali geofisiche, oceanografiche e ambientali univocamente referenziata (unico riferimento temporale per tutte le misure). La base di dati è di circa 10 Gbyte e comprende:

- Registrazioni sismologiche acquisite dal sismometro a larga banda nel periodo Ottobre 2002-Maggio 2003 con frequenza di campionamento di 100 Hz relativi alla sismicità locale, comprendente anche la sequenza sismica dell'Etna legata all'eruzione dell'autunno 2002- inverno 2003, la sismicità regionale (ad esempio evento del Molise del 31 Ottobre 2002 di M_L 5.4) e telesismi;
- Registrazioni di accelerazione verticale acquisite dal gravimetro nel periodo Ottobre 2002-Maggio 2003 con una frequenza di campionamento di 1 Hz che includono anche gli eventi acquisiti dal sismometro;
- registrazioni correntometriche acquisite dal correntometro puntuale a tre componenti con frequenza di campionamento di 2 Hz;
- misure di conducibilità, temperatura e pressione acquisiti dal CTD con passo di campionamento di 12 minuti.

Versione finale. Base di dati inizialmente utilizzabile solo all' interno della rete INGV per motivi di sicurezza, accessibile dall'esterno operando "richieste" all'amministratore della base di dati via e-mail. La selezione di dati sarà possibile attraverso l'impostazione di parametri (ad esempio data, ora) o in base a particolari attributi dei dati (per es. i file orari sismici avranno degli attributi che evocheranno gli eventi presenti).

Utilità per la Protezione Civile. Disponibilità di una nuova base di forme d'onda e serie temporali relativi alla sismicità registrata dall'osservatorio marino SN-1 nel periodo Ottobre 2002 – Maggio 2003. Tale base di dati è necessaria alla revisione della sismicità locale a fini di valutazione del potenziale sismogenetico dell'area Ionica prospiciente le coste siciliane e alla valutazione dell'efficienza del monitoraggio e della localizzazione in presenza di un punto di osservazione in mare integrato con le reti di terra.

Prodotto 8

Base di dati parametrica degli eventi sismici registrati dall'osservatorio

Descrizione. Le registrazioni sismologiche dell'osservatorio sottomarino sono state analizzate allo scopo di individuare i tempi di arrivo delle fasi sismiche al sito dell'osservatorio. Per ogni arrivo di fase osservato sono stati assegnati i seguenti parametri e codici:

- Data.
- Tempo di arrivo fase P (UTC).
- Tempo di arrivo fase S (UTC).
- Categoria (locale, regionale, telesisma).
- Tempo origine dell'evento calcolato dalle reti terrestri.
- Coordinate dell'ipocentro calcolato dalle reti terrestri.
- Magnitudo calcolata sulle stazioni delle reti a terra.

- Sigla delle stazioni terrestri che hanno registrato l'evento.
- Sigla del bollettino che riporta l'evento.

Tali parametri sono stati organizzati in una base di dati.

Versione finale. Tabella Excel su CD.

Utilità per la Protezione Civile. Disponibilità di una nuova base di dati parametrici relativi alla sismicità registrata dall'osservatorio marino SN-1 nel periodo Ottobre 2002 – Maggio 2003. Tale base di dati è necessaria alla revisione della sismicità locale a fini di valutazione del potenziale sismogenetico dell'area ionica prospiciente le coste siciliane e alla valutazione dell'efficienza del monitoraggio e della localizzazione in presenza di un punto di osservazione in mare integrato con le reti di terra.

Prodotto 9

Metodologie per la caratterizzazione del sito di deposizione di SN-1 in termini sismologici e ambientali e per il miglioramento del rapporto segnale/rumore

Descrizione. L'analisi del rumore di fondo sismologico è stata effettuata per valutare la qualità dell'installazione del sismometro e conseguentemente la capacità di rilevamento di eventi sismici da parte dell'osservatorio. Oltre al confronto con i modelli di rumore sismico di fondo disponibili in letteratura esclusivamente per stazioni terrestri, la presenza di sensori di tipo oceanografico, in particolare di un correntometro puntuale a tre componenti, ha consentito per la prima volta in Europa di effettuare un'analisi sulla correlazione tra regime delle correnti marine e segnale sismico allo scopo di migliorare quelle tecniche di analisi del segnale sismologico specificatamente rivolta alla migliore identificazione di eventi sismici.

Versione finale. Programmi software, stime e grafici della densità di potenza spettrale del rumore sismico di fondo registrato dall'osservatorio referenziato rispetto agli attuali modelli di rumore sismico di fondo. Stime e grafici della coerenza del segnale sismico e correntometrico. Le stime e i grafici sono oggetto di un articolo in preparazione per Geophysical Research Letter.

Utilità per la protezione Civile. Disponibilità di una procedura di installazione per sismometri marini esportabile su altri moduli-osservatorio. Disponibilità di una metodologia di analisi per la valutazione della qualità dell'installazione di un sismometro a fondo mare esportabile verso altre applicazioni marine. Disponibilità di una metodologia per il miglioramento del rapporto segnale/rumore. Disponibilità di una metodologia per la caratterizzazione ambientale di un sito marino.

Prodotto 10

Caratteri strutturali e neotettonici del Monte Etna

Descrizione. Revisione critica e mappatura con ausilio di immagini da satellite dei dati neotettonici pubblicati riguardanti il Monte Etna, e mappatura e monitoraggio della messa in posto di dicchi durante le eruzioni avvenute nel periodo 2001-2003.

Versione finale. Mappe strutturali a differenti scale. I risultati sono anche pubblicati su: Billi et al., 2003, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 122, 281-294; Lanzafame et al., 2003, Journal of Geological Society, London, 160, 531-544; Neri et al., 2004, Bulletin of Volcanology, in press; Acocella e Neri, 2003, Bulletin of Volcanology, 65, 517-529; Acocella et al., 2003, Geophysical Research Letters, 30(24), 2286.

Utilità per la Protezione Civile. Individuazione di versanti vulcanici a rischio frana a seguito della intrusione di dicchi e per effetto della acclività dei versanti e della presenza di dicchi o strutture pre-esistenti.

Prodotto 11

Analisi storica comparata dell'attività sismica-vulcanica al Monte Etna ed Isole Eolie

Descrizione. Revisione critica da dati di bibliografia ed analisi comparata tramite Volcanic Explosivity Index (VEI) delle attività sismiche e vulcaniche del Monte Etna e delle Isole Eolie.

Versione finale. Grafici in via di elaborazione finale e successiva pubblicazione. Risultati preliminari pubblicati su: Funicello e Billi, 2003, Sicurezza Civile, 3, 8-11.

Utilità per la Protezione Civile. Possibili relazioni tra attività sismo-vulcanica al Monte Etna ed alla Isole Eolie.

Prodotto 12

Analisi sismo-tettonica della Faglia di Tindari (Sicilia NE)

Descrizione. Analisi della Faglia di Tindari con l'ausilio di metodologie strutturali, sismologiche e sismiche a riflessione.

Versione finale. Risultati finali elaborati e sottomessi per pubblicazione a Tectonics (American Geophysical Union).

Utilità per la Protezione Civile. La Faglia di Tindari in Sicilia NE costituisce una delle strutture maggiormente attive dell'area siciliana da un punto di vista sismologico. La sua caratterizzazione in aree sia marine sia terrestri permette una migliore ubicazione degli eventi sismici generati dalla stessa.

Prodotto 13

Analisi geometrica e cinematica della flessurazione Iblea

Descrizione. Sono state analizzate le deformazioni fragili e le lineazioni magnetiche nell'area Iblea (Sicilia SE). I risultati hanno messo in evidenza una flessurazione non-cilindrica e multivergente.

Versione finale. Risultati in via di elaborazione finale e conseguente pubblicazione.

Utilità per la Protezione Civile. L'area Iblea è stata sede di numerosi eventi sismici storici a carattere distruttivo. L'analisi effettuata permette di individuare le aree maggiormente soggette a deformazione tettonica e dunque di individuare le aree più probabili per il verificarsi di eventi sismici. La caratterizzazione cinematica permette inoltre di definire i caratteri cinematici degli eventi sismici attesi.

Prodotto 14

Esperimenti sulla subduzione della crosta ionica

Descrizione. Sono state condotte simulazioni analogiche dei processi di subduzione dell'area Ionica con particolare riguardo ai flussi del mantello indotti dalla subduzione ed alle deformazioni superficiali indotte.

Versione finale. I risultati finali sono in via di elaborazione e successiva pubblicazione.

Utilità per la Protezione Civile. Individuazione di aree superficiali particolarmente soggette a strain geodinamico indotto dai processi di subduzione ed in particolare dai relativi flussi del mantello. Tali aree sono probabilmente quelle a maggior pericolosità sismica.

Edu-Risk 2002 - Educazione al terremoto: un itinerario nella riduzione del rischio

Coordinatore: Dott. Romano Camassi e Dott.ssa Laura Peruzza

Scopo del Progetto

Il progetto EDURISK si propone la realizzazione e sperimentazione di alcuni strumenti formativi destinati alla scuola e finalizzati alla riduzione del rischio sismico. Tale obiettivo è specificamente individuato nel miglioramento della conoscenza del problema terremoto nei suoi diversi aspetti (fisico, storico e culturale) e nella comprensione degli elementi che costituiscono il rischio sismico in una determinata area (dalla pericolosità sismica, alla vulnerabilità e quindi al rischio), individuando il comportamento corretto, individuale e collettivo, di fronte al terremoto.

La preparazione degli strumenti formativi è affidata a un gruppo di ricercatori provenienti da diversi settori disciplinari (geologia, sismologia, pericolosità sismica, ingegneria sismica, sismologia storica, psicologia dell'emergenza) e operanti in stretta collaborazione con uno staff di progettazione educativa (autori di libri per ragazzi, disegnatori, illustratori, fumettisti, esperti di didattica).

Gli strumenti formativi, progettati per i diversi cicli scolastici, comprendono:

- un kit per la scuola dell'infanzia, corredato da una guida per l'insegnante, che suggerisce alcune semplici regole di comportamento in emergenza;
- un quadernone per la scuola elementare, che introduce in modo divertente alla conoscenza del terremoto e individua i comportamenti più corretti per conviverci;
- un volume per la scuola media, che affronta in modo organico il tema della sismicità, della pericolosità sismica e del rischio.

Gli strumenti predisposti verranno poi sperimentati in un quadro di percorsi formativi concordati in via sperimentale con un campione di Istituti Comprensivi distribuiti in tre regioni (Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna e Calabria) rappresentative di tre diverse realtà fisiche, culturali e di rischio sismico. L'attività di sperimentazione comporterà il coinvolgimento diretto del corpo insegnante, cui si fornirà una specifica formazione introduttiva e supporto scientifico continuativo durante l'anno scolastico con l'attivazione di un sistema di formazione a distanza via web.

Il percorso sperimentale si concluderà con un processo formalizzato di valutazione degli strumenti didattici realizzati/utilizzati e dell'efficacia formativa del progetto in cui verranno direttamente coinvolti gli insegnanti e (nella scuola media) anche gli studenti.

Si prevede inoltre la realizzazione di un prodotto multimediale (DVD-ROM) basato sulla ricostruzione virtuale di un percorso turistico attraverso la storia sismica di un'area del territorio nazionale, identificato come strumento di formazione destinato agli studenti delle scuole medie superiori e al pubblico adulto in genere.

Il progetto prevede l'ideazione e la realizzazione di un prototipo relativo ad un'area campione individuata nella Regione Sicilia.

Prodotti attesi

Prodotto 1

“Se arriva il terremoto”

Descrizione. Kit per la scuola dell'infanzia, formato da una cartellina contenente quattro quartini cartonati che illustrano altrettante situazioni in cui un bambino può trovarsi a dover sperimentare un terremoto e, per gli insegnanti, una guida che propone tredici attività di gioco finalizzate a migliorare la capacità infantile di affrontare una situazione di emergenza.

Versione finale. Il prodotto, edito dalla Giunti Editore e presentato in una elegante e vivacissima confezione in cartoncino, si avvale delle filastrocche composte da Maria Loretta Giraldo, dei disegni di Nicoletta Costa (una delle più grandi illustratrici italiane per l'infanzia) e delle proposte didattiche di Beniamino Sidoti.

Utilità per la Protezione Civile. E' probabilmente l'unico prodotto di formazione realizzato in Italia su questo tema, specificamente progettato per la scuola per l'infanzia e per il primo ciclo della scuola elementare; utilizzabile per iniziative di formazione a partire dai 4 anni di età.

Prodotto 2

“A lezione di terremoto”

Descrizione. Quadernone per la scuola elementare che, attraverso quattordici unità tematiche introduce alla conoscenza del fenomeno terremoto e del suo ruolo nella vita quotidiana, indicando tutti gli elementi che permettono di limitare il rischio e quindi di convivere serenamente col fenomeno in questione.

Versione finale. Il quadernone, edito dalla Giunti Editore, si avvale dei testi e delle vivacissime illustrazioni di Roberto Luciani, apprezzato autore di libri per ragazzi; il testo è accompagnato da un quartino per gli insegnanti, che fornisce elementi informativi di carattere generale utili per un corretto inquadramento del lavoro in classe.

Utilità per la Protezione Civile. Il prodotto è stato progettato per il secondo ciclo della scuola elementare e può essere utilizzato come supporto in campagne di formazione sul tema del rischio sismico nella scuola elementare.

Prodotto 3

“Terremoti come e perchè”

Descrizione. Volumetto per la scuola media che, in dieci sezioni, risponde in modo approfondito e scientificamente accurato ad altrettante domande che affrontano i principali temi attinenti al terremoto, con particolare attenzione a tutto ciò che, favorendo la crescita di un costruttivo atteggiamento personale nei confronti del problema, può contribuire a limitare i fattori di rischio.

Versione finale. Il volumetto, edito dalla Giunti Editore e ispirato a un analogo testo realizzato da Daniele Postpischl e rielaborato da Andrea Angiolino (autore di libri per ragazzi) è corredato da fotografie, illustrazioni, disegni e dai fumetti di Francesco Fagnani e coniuga la rigorosità scientifica dei contenuti con un linguaggio e una grafica vivaci e accattivanti.

Utilità per la Protezione Civile. Il volumetto è stato progettato per la scuola media (fascia di età 11-13 anni) ma si presta ad essere utilizzato anche nel primo biennio della scuola superiore e in genere nel quadro di iniziative di sensibilizzazione al tema del rischio sismico.

Prodotto 4

“Itinerari virtuali nella storia sismica italiana”

Descrizione. Dopo un censimento su scala nazionale degli insediamenti italiani abbandonati a causa di terremoto, è stata individuata la Sicilia come area in cui realizzare un prototipo di percorso virtuale. Fra tutti i siti di potenziale interesse ne sono stati selezionati diciassette per cui sono state realizzate una vasta campagna di documentazione fotografica e un’accurata ricerca storica. Per ogni sito è stata realizzata una “scena” virtuale con la tecnica QuickTime Virtual Reality.

Versione finale. Verrà realizzato un prototipo professionale di DVD-Rom, che permetterà una navigazione nella storia sismica della Sicilia, attraverso diversi percorsi di lettura (siti abbandonati, storia sismica, itinerario turistico, ecc.).

Utilità per la Protezione Civile. Il prodotto potrà essere utilizzato per iniziative di formazione e divulgazione indirizzate sia alle scuole medie superiori sia più in generale al pubblico adulto.

Prodotto 5

“Percorsi didattici sul rischio sismico”

Descrizione. La sperimentazione nella scuola dell’obbligo degli strumenti formativi realizzati dal progetto comprende la predisposizione di un corso di formazione per gli insegnanti e di un sistema di supporto didattico e scientifico che accompagna l’elaborazione e la realizzazione dei percorsi didattici nelle singole classi. A conclusione dell’intero processo ne è stata effettuata una valutazione attraverso questionari somministrati a tutti gli insegnanti e ai ragazzi delle scuole medie.

Versione finale. Relazione sul processo di sperimentazione della didattica sul rischio sismico, che illustra le strategie di interazione con il mondo della scuola, gli strumenti messi a disposizione degli insegnanti, le proposte formative loro destinate, le unità didattiche proposte e quelle elaborate autonomamente dagli insegnanti e, infine, una valutazione complessiva dell’intero processo formativo.

Utilità per la Protezione Civile. La sperimentazione condotta e la sua valutazione a opera degli stessi attori del lavoro (insegnanti, ragazzi) fornisce indicazioni precise su quali strategie si rivelino più efficaci per sviluppare nella scuola iniziative di formazione sul tema del rischio sismico.

Vulnerabilità dei centri storici e dei beni culturali

Coordinatore: Dott. Ing. Luciano Marchetti

Scopo del Progetto

Il Progetto si proponeva di sperimentare su quattro centri storici campione in Umbria, interessati dal terremoto del 1997, la possibilità di *organizzare in banche dati*, le informazioni utili per l'apparentamento dei P.d.R. e per la progettazione degli interventi su edifici abitativi in muratura, che costituiscono la gran parte dei centri storici e che, rispetto alle opere monumentali vengono definiti "edilizia minore".

Attraverso la proposta e compilazione di *schede di rilievo per singoli edifici o per Unità minime di intervento* sono state sistematicamente raccolte informazioni relative alle caratteristiche tecnologico-costruttive degli edifici censiti, alle caratteristiche della struttura e dei materiali, allo stato di danno ed agli eventuali o possibili meccanismi di collasso anche in edifici riparati o adeguati prima del terremoto. Gli edifici sottoposti ad adeguamento sismico hanno infatti in larga misura subito danni inattesi spesso causati da tecniche di riparazione inadeguati o da materiali non compatibili con quelli originari. I centri rilevati sono stati quattro:

- a) Montesanto di Sellano e b) Roccanolfi di Preci molto danneggiati dal terremoto del 1997;
- c) Campi e d) Castelluccio di Norcia poco danneggiati sui quali si volevano applicare criteri di prevenzione.

L'attenta valutazione dei danni, basata sulla conoscenza delle tecnologie costruttive, dei materiali e dei precedenti interventi di riparazione è stata particolarmente utile per la comprensione dei meccanismi di collasso ed allo scopo di prevenire danni futuri.

Il rilievo dei *meccanismi di collasso degli edifici danneggiati* è stato eseguito con riferimento a *macroelementi strutturali* ed ai loro cinematismi nel piano e fuori dal piano, con un approccio meccanico alla risposta della struttura al sisma, vicino a quello già adottato da A. Giuffrè ed altri. Tale approccio, oltre ad essere efficace per il rilievo e l'interpretazione del danno si rivela vantaggioso nella scelta degli interventi più adeguati, in quanto, cogliendo i punti deboli della costruzione, consente di individuare tecniche adatte al miglioramento sismico, scartando quelle più invasive e strutturalmente incompatibili.

Nel quadro generale delle questioni afferenti alle diverse competenze disciplinari delle strutture partecipanti, è stata data priorità alle seguenti problematiche:

- 1) interpretazione della consistenza edilizia in funzione dell'analisi del danno sismico pregresso;
- 2) valutazione degli interventi di messa in sicurezza in relazione anche al valore storico-artistico-documentale dei manufatti;
- 3) definizione di linee guida per la riparazione ed il miglioramento, in relazione alla casistica delle situazioni rilevate;

I risultati del progetto saranno illustrati attraverso alcune monografie, una descrittiva dell'intero progetto ed altre di approfondimento su alcuni temi (schedatura, abaco dei meccanismi rilevati, raccolta di sezioni murarie, risultati delle prove in situ ed in laboratorio, codici di calcolo per le verifiche di vulnerabilità). Un data base che conterrà le schede compilate per ogni singolo edificio comprendenti i rilievi, le prove e la verifiche) sarà disponibile sul sito della Protezione Civile.

Nel seguito vengono elencati i prodotti, intesi come risultati o metodologie che possono essere direttamente fruiti dal Dipartimento della protezione Civile per analisi su aree simili a quelle studiate.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Consistenza dell'edilizia storica dei quattro centri esaminati: schedatura degli edifici distinti per UMI ed UI

Descrizione. nei quattro centri gli edifici sono stati rilevati ed a ciascuno di essi corrisponde una scheda che contiene informazioni di carattere generale, rilievo geometrico e del quadro fessurativo, notizie storiche (se reperibili), progetti eventuali di intervento, descrizione dei meccanismi probabili, caratteristiche dei materiali e della tessitura muraria, caratteristiche tecnologiche dei solai delle coperture e dei dettagli, eventuale verifica analitica, diagnosi.

Versione finale. Verranno consegnate tutte le schede su CD-ROM con un manuale per facilitarne la lettura

Utilità per la Protezione Civile. Conoscenza dello stato di fatto dei quattro centri e di una metodologia di indagine applicabile a centri storici minori.

Prodotto 2

Raccolta di oltre 300 tessiture e sezioni murarie

Descrizione. Sia nell'ambito del progetto che di altri sono state rilevate mediante rilievo archeologico o fotografico oltre 300 tessiture murarie descritte attraverso prospetti e sezioni. Questa informazione è essenziale per definire il tipo di muratura ed il suo comportamento meccanico in fase di verifica e di progetto. Il dato è importante anche per eventuali interventi di riparazione mediante iniezione o ristilatura dei giunti.

Versione finale. I dati sono forniti mediante il disegno dei prospetti e della sezione della muratura opportunamente scansiti dai rilievi e dalle foto, su CD-ROM. I disegni sono riportati tutti nella medesima scala per permettere confronti ed elaborazioni (e.g. numero di paramenti, collegamenti trasversali, percentuale di vuoti nella sezione, ecc.

Utilità per la Protezione Civile. Documento utile come database delle caratteristiche costruttive delle murature soprattutto in pietra. Alle tipologie murarie fa anche riferimento l'ultima Ordinanza del marzo 2003. La loro conoscenza è utile soprattutto per la verifica e l'intervento.

Prodotto 3

Caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche dei materiali componenti la muratura e della muratura

Descrizione. Vengono fornite le caratteristiche dei materiali e della muratura, ottenute come risultati di prove di laboratorio e di prove in situ (martinetti piatti e soniche). I risultati sono stati ottenuti mediante prove eseguite a campione sui quattro centri studiati e vengono anche comparate con altri centri in Liguria, Toscana, Sicilia, Veneto, allo scopo di stabilire classi e tipologie murarie utili per lo studio di vulnerabilità dei centri storici.

Versione finale. Tabelle e diagrammi che mostrano la composizione delle malte, le caratteristiche di pietre e mattoni, i moduli elastici delle murature, ottenuti con prove con doppio martinetto e la correlazione con indagini soniche atte a qualificare superfici estese di muratura.

Utilità per la Protezione Civile. I risultati delle prove in situ ed in laboratorio elaborati statisticamente dimostrano che è possibile fare indagini a campione su edifici del centro storico che mostrino tipologie simili. Queste indicazioni sono utili soprattutto per progettare interventi preventivi alla scala del centro storico risparmiando sul budget messo a disposizione.

Prodotto 4

Abaco dei meccanismi di collasso

Descrizione. Il rilievo sistematico dei meccanismi di collasso dei singoli edifici nei due centri storici di Montesanto e Roccanolfi ha permesso di produrre un abaco dei meccanismi rilevati prodotto sotto forma di schede che riportano foto, disegni e descrizione di ogni meccanismo relativamente alle cause che lo hanno generato. Sono stati rilevati meccanismi tipici di edifici isolati, a schiera e di agglomerati anche per edifici riparati dopo il 1979. L'abaco è stato utilizzato ed implementato nella previsione di possibili meccanismi per gli edifici di Campi e di Castelluccio.

Versione finale. L'abaco è costituito da schede e viene fornito su CD-ROM.

Utilità per la Protezione Civile. L'utilità dell'abaco è indubbia sia per la comprensione di danni in seguito a futuri terremoti sia per interventi di prevenzione su tipologie edilizie simili. Si pensi all'utilità dell'abaco relativo ai danni subiti dalle Chiese.

Prodotto 5

Mappatura dei tessuti urbani dei quattro centri storici e loro vulnerabilità

Descrizione. A partire dal Catasto Gregoriano e dove possibile da documenti precedenti, è stato possibile riprodurre su mappe dei quattro centri storici, lo sviluppo edilizio del centro con interventi di aggiunta di volumi e sopralzi, ma anche la progressiva diminuzione degli edifici in seguito a successivi eventi sismici.

Versione finale. Cartografie descrittive a scala urbana e schemi architettonici di unità paradigmatiche.

Utilità per la Protezione Civile. Esempio di analisi storico-urbanistica-costruttiva del centro storico da cui possono essere desunte linee Guida per indagini analoghe.

Prodotto 6

Rilievo e revisione critica degli interventi di consolidamento e di adeguamento prima del 1997

Descrizione. Nella scheda di rilievo dei singoli edifici è riservata una sezione descrittiva degli interventi di consolidamento e adeguamento dell'edificio rilevati dai progetti presentati in Comune o direttamente in sito. E' stato possibile anche raccogliere informazioni su tecniche di intervento tradizionali. Il rilievo dei danni ha permesso anche una valutazione dell'efficacia degli interventi più recenti ed una revisione critica di alcune tecniche di intervento applicate alle tipologie edilizie studiate.

Versione finale. I rilievi sono forniti attraverso schede. I dati sono stati elaborati anche statisticamente allo scopo di valutare l'applicabilità di alcune tecniche di adeguamento piuttosto invasive. Verrà fornito su CD-ROM il risultato dell'indagine.

Utilità per la Protezione Civile. Possibilità di valutare l'efficacia di tecniche tradizionali e moderne su edifici di tipologia simile a quelli studiati.

Prodotto 7

Rilievo degli edifici complessi e della loro evoluzione nel tempo e individuazione della loro tipica vulnerabilità

Descrizione. Il rilievo sistematico di numerosi edifici dei centri storici ha permesso di studiare i diversi comportamenti di edifici isolati, a schiera e di agglomerati complessi. Questi ultimi, come gli edifici a schiera nascono e si modificano per continua evoluzione ed aggiunta di volumi da edifici isolati o da costruzioni difensive come torri o fortificazioni. La loro complessità e gli inevitabili difetti di collegamento tra le varie parti rendono di difficile interpretazione il comportamento dell'edificio sia per la difficoltà di utilizzo delle schede di vulnerabilità, sia per la

difficoltà di modellare la struttura. Diventa indispensabile trattare l'edificio per parti e quindi conoscere la sua evoluzione costruttiva attraverso documenti storici ed analisi stratigrafiche.

Versione finale. Vengono fornite le schede descrittive del complesso per UMI ed UI, con rilievi della sua evoluzione e definizione dei punti più vulnerabili. Le informazioni sono fornite su CD-ROM.

Utilità per la Protezione Civile. E' indubbia l'utilità di queste informazioni che non hanno precedenza e potranno essere usate come metodologia in caso di altri edifici complessi.

Prodotto 8

Proposta di metodologie di calcolo per edifici semplici e complessi

Descrizione. Le metodologie di calcolo adottate riguardano l'utilizzo di modelli cinematici elementari che analizzano il comportamento meccanico di componenti strutturali (macromodelli). L'analisi viene effettuata a livello generale, edificio per edificio, mediante l'applicazione del programma VULNUS e, più localmente, selezionando all'interno degli edifici le componenti più significative, attraverso l'applicazione di singoli modelli cinematici. A tale proposito sono state implementate procedure automatiche in ambiente Visual Basic sia della metodologia VULNUS (versione VULNUS B) che dell'applicazione locale dei cinematici (con programma denominato C-SISMA), al fine di rendere agevole l'applicazione su larga scala per analisi speditive.

Versione finale. Viene fornita la versione utilizzata del codice di calcolo con alcuni esempi di applicazione, anche ad edifici complessi.

Utilità per la Protezione Civile. Possibilità di utilizzare la stessa metodologie nella verifica di tipologie simili di altri centri storici.

Prodotto 9

Banca Dati relativa ai quattro centri rilevati

Descrizione. In collaborazione con la Protezione Civile viene messo a punto un Database che raccoglie tutti i dati relativi agli edifici rilevati sotto forma di schede, con possibilità di link con altri prodotti (Database delle sezioni e dei risultati di prove in situ ed in laboratorio, schedatura di altri edifici, ecc.)

Versione finale. Banca dati disponibile su Internet dal titolo "Sicurezza di Intervento su Centri Storici in Zona Sismica" sul sito da definirsi curato dal Politecnico di Milano e dalla Protezione Civile.

Utilità per la Protezione Civile. Il Database potrà essere utilizzato a scopo informativo, ma ulteriormente implementato dalla Protezione Civile con l'aggiunta

di altri centri storici e servire da importante fonte di informazioni per singoli professionisti, Comuni e Regioni.

Prodotto 10

Linee guida per la diagnosi e le tecniche di intervento

Descrizione. Il prodotto finale del progetto sarà una raccolta di Linee Guida relative alla metodologia di indagine, di verifica e di scelta delle tecniche di intervento, applicabili a livello di centro storico ed anche di singolo edificio.

Versione finale. Sarà preparato un rapporto illustrativo contenente diagrammi di flusso, Tabelle, diagrammi di correlazione e strumenti e procedure per l'analisi e la scelta di diverse tecniche di cui saranno descritti vantaggi e limiti di applicazione.

Utilità per la Protezione Civile. Nuovo impianto metodologico applicabile ampiamente ad altri casi a livello di centro storico o di singolo edificio.

EduSeis: un sismografo didattico come strumento per la formazione e la sensibilizzazione sul rischio sismico

Coordinatore: Prof. Vittorio Silvestrini

Scopo del Progetto

Scopo fondamentale del progetto EduSeis è lo sviluppo, l'implementazione e la validazione di metodi di acquisizione e trattamento di dati scientifici nell'ambito delle scienze della Terra, che siano di interesse per attività di formazione di studenti e di insegnanti di scuole medie superiori. Questo è possibile grazie al recente sviluppo della strumentazione e delle reti sismiche che rendono disponibile in classe, dati e strumenti che sono normalmente utilizzati nei laboratori di ricerca. L'idea base del progetto è che le osservazioni sismologiche possono essere un veicolo per istruire all'uso di moderne tecnologie, per conoscere la dinamica, l'evoluzione della Terra e per sensibilizzare il pubblico al rischio sismico.

La possibilità che le scuole sviluppino attività in questo settore sempre più strategico, coincide tra l'altro con uno degli obiettivi principali della riforma del sistema educativo che prevede che la scuola diventi una risorsa del territorio con attività tese alla valorizzazione del suo patrimonio naturale e scientifico. L'originalità del progetto sta nel non puntare solo alla definizione di norme di comportamento ma di far acquisire un'educazione ambientale attraverso azioni concrete che coinvolgono sia il piano emotivo e motivazionale sia quello razionale. A scuola la gestione del sismometro in rete richiede competenze, senso di responsabilità, capacità organizzative, ecc. che implicano la rivisitazione dei programmi di insegnamento, l'autorganizzazione, la ridefinizione degli spazi e dei tempi.

Un ulteriore elemento che caratterizza il progetto è il coinvolgimento di ricercatori e scienziati che sono chiamati a discutere con studenti, insegnanti e cittadini sia sui temi di ricerca sia sulle scelte di protezione del territorio. Si tratta per noi di una esperienza oramai consolidata da alcuni anni che vede, su temi di grande interesse, con l'utilizzo delle rete telematica e con incontri in presenza, lo svilupparsi di lavori comuni, discussioni, riflessioni anche molto coinvolgenti che aiutano a rafforzare il legame tra scienza e società.

In dettaglio gli obiettivi del progetto, in parte già esposti, riguardano, schematicamente:

- l'apertura della scuola al territorio attraverso la sensibilizzazione al problema del rischio, la partecipazione al monitoraggio del territorio e attività rivolte agli abitanti del quartiere o della città;
- la sperimentazione di attività didattiche basate sull'apprendimento e sull'insegnamento cooperativi, sulla motivazione, sull'uso delle nuove tecnologie e in particolare delle rete telematica;
- il promuovere le scienze sperimentali finalizzate all'acquisizione del metodo e del saper fare (misurare, osservare, formulare ipotesi e verificarle, acquisire ed

elaborare le informazioni, esprimere e confrontare le proprie idee con quelle degli altri);

- l'utilizzo delle nuove tecnologie nella pratica sperimentale (software di utilità generale quali Fogli elettronici, Word Processor; software di simulazione; utilizzo di un sistema di rilevamento sismico basato su sensori in linea al calcolatore e su avanzati sistemi di telerilevamento (GPS); la rete come potente strumento di comunicazione, scambio e collaborazione tra studenti di differenti scuole e differenti paesi);
- il comprendere la complessità dei fenomeni reali attraverso uno studio pluridisciplinare;
- il legame tra scienza e società con scambi di esperienze tra scienziati, docenti, studenti, cittadini. Questi obiettivi sono stati ottenuti attraverso una ripartizione dei compiti e delle attività tra le UR partecipanti.

Prodotti attesi

Prodotto 1

Il sito web Eduseis

Descrizione. Un sito web dai contenuti tecnico – scientifici che narra la cronistoria del Progetto Eduseis descrivendo il processo del lavoro svolto e che fornisce informazioni utili per installare e gestire una stazione sismica nella scuola.

Versione finale. Sarà consegnata una breve scheda sulla struttura del sito che fornirà indicazione sui contenuti e sulla navigabilità dello stesso.

Utilità per la Protezione Civile. Informazioni utili per campagne di sensibilizzazione e di divulgazione.

Prodotto 2

Sismalab

Descrizione. Uno spazio espositivo nel Science Centre di Città della Scienza. Un laboratorio didattico espositivo sul rischio sismico, dove studenti, docenti e pubblico generico si informa e si forma sulla sismologia con esperti e con guide scientifiche.

Versione finale. Sarà consegnata una breve scheda sulla struttura dello spazio che fornirà indicazione sui contenuti, sui supporti informatici e sulla fruibilità dello stesso.

Utilità per la Protezione Civile. Rendere questo spazio una mostra itinerante da utilizzare in campagne di divulgazione e sensibilizzazione sulla sismologia e sul rischio sismico.

Prodotto 3

Newsletter Sismalab

Descrizione. Un sito web divulgativo e informativo rivolto a fruitori generici legato allo spazio espositivo dello Science Centre: il *Sismalab*. Dove sono raccolti gli articoli scritti da esperti, docenti, studenti che partecipano al progetto o desiderano fornire un contributo divulgativo sulla sismologia ad un pubblico generico. Questi articoli vengono spediti con una Newsletter bimestrale ad una mail list di circa 100 indirizzi tra ricercatori, docenti, studenti. Inoltre la newsletter viene spedita alla mail list delle scuole che visitano e contattano lo Science Centre - Città della Scienza.

Versione finale. Sarà consegnata una breve scheda sulla struttura del sito che fornirà indicazione sui contenuti e sulla navigabilità dello stesso.

Utilità per la Protezione Civile. Poter utilizzare lo stesso sistema e lo stesso strumento per divulgare nelle scuole le ultime notizie sui rischi.

Prodotto 4

Una stazione sismografica nella scuola dall'installazione all'uso

Descrizione. Un CD-ROM che raccoglie il materiale tecnico-scientifico sviluppato durante il progetto e che vuole essere un prodotto utile alle scuole che vogliono acquistare una stazione sismica e usarla nella didattica curricolare.

Versione finale. Sarà consegnata una breve scheda sulla struttura del CD che fornirà indicazione sui contenuti e sulla navigabilità dello stesso.

Utilità per la Protezione Civile. Utilizzare questo oggetto in campagne di divulgazione e sensibilizzazione.

Prodotto 5

Il cookbook elettronico

Descrizione. Un CD-ROM didattico che raccoglie tutte le attività didattiche progettate e sperimentate durante lo svolgimento del progetto, con approfondimenti metodologici di uso nei curricula di Istituti superiori scientifici e tecnici. Una raccolta di schede di attività didattiche da sperimentare e da utilizzare come supporto didattico durante le lezioni nelle scuole.

Versione finale. Sarà consegnata una breve scheda sulla struttura del CD che fornirà indicazione sui contenuti e sulla navigabilità dello stesso.

Utilità per la Protezione Civile. Utilizzare questo oggetto in campagne di divulgazione e sensibilizzazione.