

# METODOLOGIE DI ANALISI GIS E DTM PER I PIANI DI PROTEZIONE CIVILE

A. Lo Tauro (\*), N. Costa (\*\*)<sup>1</sup>

(\*) Centro di Eccellenza per la Ricerca in TELEGEOMATICA, GEONETLAB, Univ. di Trieste

(\*\*) GeoCos - Via Murata, 5 Nicosia (EN) tel 340-3559459 e-mail cosnux@yhao.it

## Riassunto

I Piani di Protezione Civile, così come previsto dal metodo AUGUSTUS, approntato dal Dipartimento di Protezione Civile, sono degli strumenti mirati all'individuazione dei rischi più probabili ai quali è soggetto un territorio comunale ed alle procedure di intervento per la gestione delle emergenze. L'obiettivo del progetto è stato quello di fornire un nuovo strumento di classificazione, analisi dei dati cartografici, di progettazione di un database per la gestione di tutte le informazioni territoriali e di avviare ulteriori analisi di dettaglio per la risoluzione di problematiche tecniche. In questo lavoro si descrivono le metodologie di implementazione GIS e lo sviluppo di un DTM per la produzione di carte tematiche da utilizzare nella valutazione dei rischi al fine di effettuare un'analisi sistematica dei processi da porre in essere durante le emergenze. A tal fine è stato opportunamente progettato ed implementato un motore GIS denominato MGCI-Augustus. La realizzazione delle carte tematiche e la creazione ed implementazione del *database* hanno fornito la base di partenza per la realizzazione del Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Nicosia.

## Abstract

The Plans of Civil Protection are important instruments for the management of all possible risks and events of emergency related to a territory. This project takes into account the important guidelines of the AUGUSTUS method produced by the Department of Civil Protection. The objective of the project was to develop a new instrument of classification, analysis and detailed definition of the cartographic data (in terms of topology, metric accuracy). The project also concerns the realization of a database and the implementation of the appropriate technological support. In this paper we describe methodologies for the implementation of a specialised GIS and the development of a DTM for the production of thematic cartography and for the management of the risk assessment (such as post-event analysis). For this purpose the MGCI-Augustus GIS has been implemented for the Plan of Civil Protection in Nicosia.

## 1- La definizione del Piano Comunale di Protezione Civile e la piattaforma GIS

Il Piano Comunale di Protezione Civile, così come previsto dal metodo AUGUSTUS, approntato dal Dipartimento di Protezione Civile, è uno strumento mirato all'individuazione dei rischi più probabili ai quali è soggetto un territorio comunale ed alle procedure di intervento per la gestione delle emergenze. Il metodo, basato sull'analisi sistematica dei processi da porre in essere durante le emergenze, è stato implementato utilizzando le tecnologie GIS, strumenti indispensabili per riuscire a programmare anche i più piccoli dettagli delle azioni da intraprendere durante un'emergenza. Il compito della Pianificazione di Emergenza, a livello provinciale, è stato svolto finora dalle Prefetture, sulla base dell'art. 14 primo comma della L. 225/92, senza però che queste avessero la disponibilità di strutture tecniche di riferimento (ad eccezione dei Vigili del Fuoco). L'attribuzione di questa competenza si spiegava solo con la concezione, prevalente nel 1992, del Piano di Protezione Civile a livello comunale come un piano "procedurale", cioè un insieme di azioni "dovute" da parte dei vari organi dello Stato e di altre amministrazioni nel momento

---

<sup>1</sup> I paragrafi 1, 2 e 3 sono da attribuire ad Agata Lo Tauro; i paragrafi 4, 5 e 6 sono da attribuire a Nunzio Costa.

dell'emergenza coordinata dal Prefetto. Con l'adozione del metodo *Augustus* il Piano di Emergenza non è solo un elenco di risorse teoricamente disponibili e di competenze istituzionali messe su carta, ma richiede, piuttosto, la "simulazione" di un evento complesso, cioè la determinazione "scientifica" di scenari di rischio. Sviluppare il piano comunale su base GIS ha quindi consentito di generare una simulazione di scenario di rischio e di offrire, allo stesso tempo, un supporto decisionale in fase di emergenza. La Regione Sicilia ha recepito ed attuato le norme statali in materia di Protezione Civile attraverso la legge del 31/08/1998 n°41 "Norme in Materia di Protezione Civile"<sup>2</sup>. Dall'analisi degli scenari di rischio (aree interessate dall'evento calamitoso, popolazione coinvolta, strutture danneggiabili, etc.) è stato possibile risalire alle necessità di mobilitazione di strutture operative e quantificazione delle unità da coinvolgere quali vigili del fuoco, volontari, strutture di comando e controllo, identificazione di strade o itinerari di fuga, strutture di ricovero, aree sanitarie, etc. In quest'ottica il Piano Comunale di Protezione Civile su piattaforma GIS diventa uno strumento di lavoro progettato *ad hoc* in funzione di degli scenari di rischio al fine di implementare modelli di simulazione di fenomeni naturali sia di natura impulsiva, caratterizzati dalla generazione immediata dello scenario post-evento (ad esempio eventi sismici, frane, ecc.), che a lenta evoluzione spazio-temporale (ad esempio colate laviche, incendi boschivi, ecc.). Ciò è possibile grazie anche alle conoscenze scientifiche del momento attuale, consentendo agili processi di *updating* nel caso in cui si acquisiscono nuove conoscenze sui rischi del territorio o nuovi sistemi di monitoraggio. Alla luce di quanto esposto sopra, il presente progetto è stato realizzato su Sistema GIS – MGCI *Augustus*, un *software*, completo, personalizzabile e aperto, capace di classificare e gestire tutte le variabili antropiche e territoriali che intervengono nella progettazione e stesura del Piano Comunale di Protezione Civile. L'ottica in cui deve essere inteso il sistema è quello di fornire un primo strumento di classificazione, analisi ed intercorrelazione delle informazioni territoriali, urbane ed antropiche per le quali, in un secondo momento, sarà possibile avviare una ulteriore analisi di dettaglio mirata alla risoluzione di problematiche tecniche.

## **2- Tematismi e fonte dei dati**

Una fase fondamentale la realizzazione del Progetto è stato reperire, acquisire e georeferenziare in UTM 33 ED 50 la cartografia dell'intero territorio comunale in scala 1:25.000, 1:10.000 e 1:2.000. Attraverso la tecnica dell'*overlay mapping* la cartografia è stata sovrapposta all'ortofoto a colori provenienti dal progetto IT 2000 ([www.cartosicilia.it](http://www.cartosicilia.it)). Ciò rende più agevole le operazioni di georeferenziazione rese possibili grazie all'ausilio di punti di coordinate note distribuiti sul territorio comunale in possesso dal Comune di Nicosia. Successivamente si è passati alla digitalizzazione della Carta dell'Uso del Suolo, Carta dei Vincoli Paesaggistici e Territoriali, Carta Geologica, Carta Geomorfologia, provenienti da studi di settore in possesso del Comune in formato cartaceo. Sulla base cartografica si è provveduto a digitalizzare i tematismi utili alla individuazione degli scenari di rischio relativi al bacino idrografico evidenziando l'ubicazione degli invasi, degli strumenti di misura (pluviometri e idrometri), il grafo viario, l'ubicazione delle attività produttive, degli

---

<sup>2</sup> Si precisa altresì che nella redazione del piano sono stati tenuti in considerazione tutti i seguenti parametri normativi: legge 24 febbraio 1992, n. 225; 14 febbraio 1992, n. 185; Il Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112, agli art. 107 e 108 che conferisce funzioni e compiti dello Stato alle Regioni ed agli Enti Locali; e norme del Decreto del Capo Dipartimento Protezione Civile n. 1243 del 4 marzo 2005. Per la realizzazione della piattaforma GIS si sono inoltre tenute in considerazione le *guidelines* relative all'"Intesa Stato-Regioni-Enti Locali per la realizzazione dei Sistemi Informativi Geografici" e le direttive del Programma INSPIRE - DPLI Working Group, 2002° (INSPIRE Data policy & Legal Issues Working Group Position Paper. Environmental Agency for England and Wales).

edifici strategici, sensibili e tattici rilevandone la pericolosità e la vulnerabilità dei beni culturali<sup>3</sup>, delle aree di ammassamento, attesa e ricovero con relative schede materiali, mezzi e personale di riferimento. L'Analisi demografica e della densità abitativa è stata effettuata attraverso l'ausilio dei dati ISTAT in possesso del Comune attraverso i quali è stata realizzata la carta della densità abitativa.

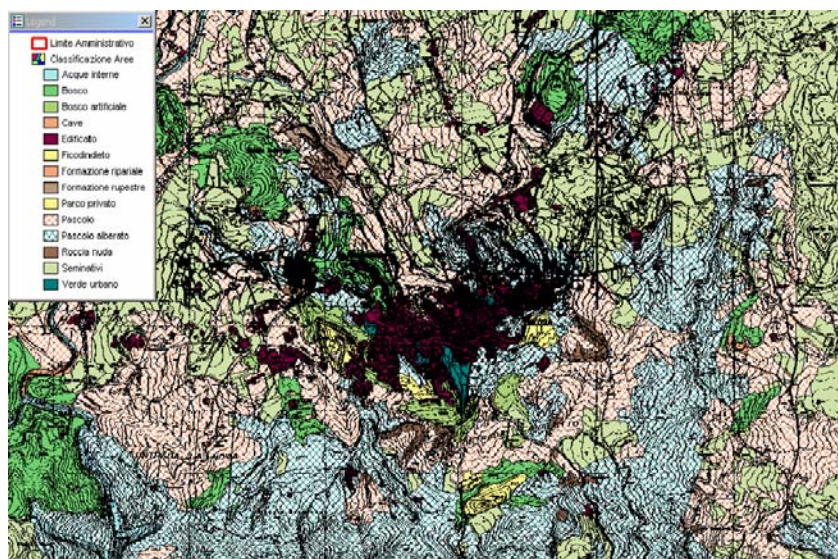


Fig. 1- Carta dell'uso del suolo

### 3 – Il DTM del comune di Nicosia

La costruzione del DTM del comune di Nicosia ha richiesto la determinazione dell'assetto plano-altimetrico del territorio oggetto di studio, realizzato attraverso la rappresentazione geometrica di un insieme di coordinate che descrivono, con una certa continuità, l'andamento della superficie in esame. Ciò ha richiesto operazioni di rilievo<sup>4</sup> inquadrato nella rete geodetica nazionale IGM95. Tra le metodologie impiegate per acquisire i dati, si è scelto, per ragioni economiche, la scansione e digitalizzazione di carte topografiche già esistenti al fine di ricavare, tramite l'utilizzo di opportuni software per l'elaborazione di questi tipi di immagine, la descrizione altimetrica del terreno, tenendo conto delle linee di discontinuità del territorio (valli, crinali, corsi d'acqua ecc..) dette *breaklines*. Per quanto concerne l'algoritmo di elaborazione è stato utilizzato il metodo "Kriging", ovvero quel metodo statistico che suddivide le variazioni altimetriche in una componente correlata con quelle adiacenti ed una componente di errore casuale. Tale metodo produce una superficie che passa per i punti misurati e permette di stimare la variazione di ogni punto interpolato. La generazione del DTM ci ha fornito informazioni utili per l'aggiornamento di dati cartografici in

<sup>3</sup>A tal proposito si propone di utilizzare il sistema di costruzione di *records* e *files* per il database che prenderà come modello i tracciati catalografici del Sistema Carta del Rischio (si rimanda al sito [www.centrorestauro.sicilia.it/CartaDelRischio/Indice\\_CartaRischio.htm](http://www.centrorestauro.sicilia.it/CartaDelRischio/Indice_CartaRischio.htm)) come riferimento; seguendo la metodologia definita dall'Istituto Centrale per il Restauro. In particolare la compilazione della scheda F (Pericolosità antropica ed esposizione dei beni) insieme alla scheda A della vulnerabilità (di I e II livello di approfondimento) è stata infatti progettata in funzione della valutazione dell'indicatore di rischio dei singoli beni culturali. Tale database adeguatamente strutturato può pertanto diventare uno strumento prezioso per proporre l'inserimento di territori caratterizzati da beni culturali nel novero dei siti italiani dichiarati patrimonio dell'Umanità ([www.sitiunesco.it](http://www.sitiunesco.it)).

<sup>4</sup>In questa fase si è in proceduto alla raccolta di tutte le informazioni utili circa l'esistenza e l'utilizzabilità delle reti trigonometriche esistenti e di rilievi già eseguiti dai tecnici del Comune, di linee di livellazioni ed individuando nel territorio oggetto di studio, sulla base delle monografie IGM, i segnali che materializzavano i vertici ed i capisaldi di livellazione. In una fase successiva di *updating* dei dati cartografici ci si riserva di effettuare ulteriori ricognizioni per una verifica delle reti di inquadramento sulla base di scelte tecniche riguardanti strumenti e metodologie di misurazione per ulteriori verifiche *in situ*. Tutto ciò riguarderà inoltre la definizione delle metodologie dei rilievi di dettaglio, ipotizzando l'utilizzo di tecnologie GPS.

possesso del Comune di Nicosia tra cui la carta delle pendenze e dell'esposizione dei versanti e la rappresentazione dell'area per curve di livello, ottenute utilizzando algoritmi di calcolo del *Surfer*. La base cartografica aggiornata e affidabile sia dal punto di vista sia metrico che dei contenuti, diventa uno strumento indispensabile per la realizzazione di un SIT, soprattutto se utilizzate per piani di Protezione Civile, poiché spesso intervengono fattori naturali che possono modificare, anche profondamente, la morfologia del terreno e le caratteristiche delle aree antropizzate. Queste sono state sottoposte ad un processo di arrotondamento e smussamento per minimizzare le notevoli irregolarità che solitamente il processo di calcolo produce. Con tale strumento è stato inoltre possibile analizzare quelle aree che ricadono nell'intorno dell'area urbanizzata (prestando particolare attenzione all'analisi del patrimonio culturale<sup>5</sup>). E' stato inoltre possibile analizzare in particolare la morfologia del territorio, della quale il DTM ci restituisce informazioni sui versanti, gli spartiacque, gli impluvi, le quote di altitudine etc. a supporto di una adeguata analisi degli scenari di rischio attesi.

#### **4- Analisi degli scenari degli eventi attesi**

Questa fase è stata la più importante in quanto tutti i dati utili in possesso del Comune e raccolti dal proprio personale tecnico (tra cui PRG, carta dell'Uso Suolo, carte geologiche etc.), precedentemente digitalizzati all'interno del GIS, sono stati correlati tra loro attraverso l'*overlay mapping* in modo tale da evidenziare ed analizzare tutte le problematiche territoriali, urbane ed antropiche presenti nel territorio comunale. Tale fase ha previsto la valutazione, con relativa creazione di carte tematiche, dei rischi idrogeologici e sismici ai quali è sottoposto il territorio comunale. In particolare, per giungere alla valutazione del rischio idrogeologico, sono stati tematizzati all'interno della piattaforma GIS il reticolo idrografico, le aree in frana e le aree inondabili, la stima della popolazione potenzialmente coinvolta, la stima delle attività produttive coinvolte, la quantificazione delle infrastrutture pubbliche o private coinvolte e per finire l'analisi delle reti di Monitoraggio (Indicatori di Evento). Il risultato ottenuto dalla sovrapposizione di tutte queste informazioni con gli elementi determinati attraverso il DTM, ha consentito di fare una prima valutazione del rischio idrogeologico e di conseguenza di prevedere degli interventi mirati alla messa in sicurezza delle aree soggette a rischio.

---

<sup>5</sup> Il patrimonio culturale è stato censito senza uniformarsi ai dettami degli standard catalografici dello schema ICR e lo standard cartalografico (scheda A). Si programma di sviluppare la ricerca utilizzando gli schemi ICR per la catalogazione dei beni culturali. Lo Tauro, A. (2005°). Il principale obiettivo della ricerca sarà quello di sviluppare un metodo di analisi per tutelare *in primis* e per valorizzare in seguito i beni caratterizzanti il patrimonio siciliano (L. 137/02); per tale ragione, si sta implementando un prototipo GIS al fine di contribuire al completamento di più ampi progetti regionali da mettere a disposizione ai soggetti interessati. Questo vale sia per le Soprintendenze per i BB.CC.AA. che per la *World Heritage Committee* (<http://whc.unesco.org/>), al fine di implementare tecnologie GIS a supporto delle procedure di *listing* per una più efficiente definizione dei piani di gestione in materia di tutela e valorizzazione dei beni culturali. Ciò risulta essere conforme alla *World Heritage Convention*, inserendo nella lista del Patrimonio Mondiale anche i beni culturali appartenenti all'archeologia industriale. Il risultato è la creazione di un archivio aggiornabile in tempo reale, capace di rispondere efficacemente al tema del censimento (scheda AIS) e della georeferenziazione dei beni culturali, ed in particolare appartenenti all'archeologia industriale. Inoltre, l'utilizzo di tante fonti diverse consentirà di ampliare ed aggiornare il *database* esistente correlando informazioni eterogenee così da poterle facilmente trasferire ai soggetti interessati. Il progetto prevede anche la sperimentazione di un sistema informativo tridimensionale in tempo reale sulle aree campione con l'ausilio di scanner tridimensionale ed accurati rilevamenti con metodi satellitari dei siti in esame. L'archivio e gli *standard* catalografici per la gestione delle informazioni verranno comunque applicati non senza varianti in funzione di tutti i dati analizzati (*remote sensing*, fotografie verticali, fotografie aeree storiche, indagini geofisiche, diagnostica etc.). Alcune sperimentazioni sui Sistemi Informativi Spaziali sono già state eseguite nel contesto territoriale del Parco dell'Etna realizzate mediante lo strumento *laser scanner GM 200 MENSI* della *Geotop Positioning Instruments* a lunga portata.

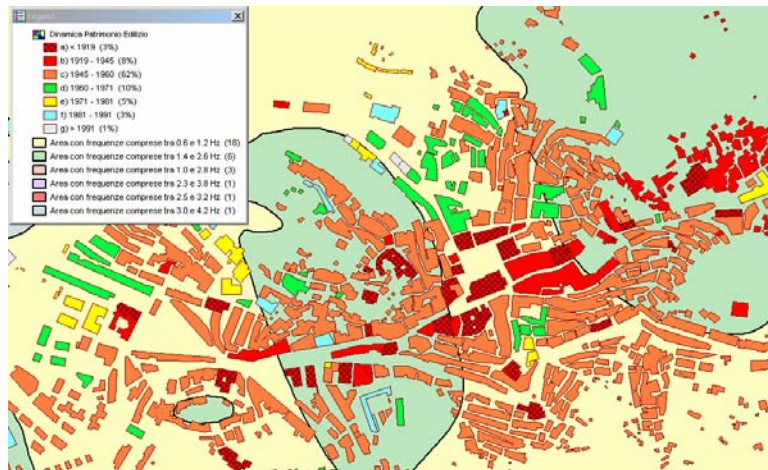


Fig. 1 - Carta della microzonazione sismica ed analisi del patrimonio storico per la valutazione del rischio sismico

Per giungere alla valutazione del rischio sismico, non avendo a disposizione tutte le informazioni necessarie ad una corretta valutazione scientifica dello scenario di rischio<sup>6</sup>, si è adottato come metodo anche qui la tecnica dell'*overlay mapping*. Per la determinazione delle aree a potenziale rischio sismico, ci si è basati sulla microzonazione sismica proveniente da uno studio effettuato dalla Provincia Regionale di Enna. La carta di microzonazione è stata acquisita utilizzando uno scanner, successivamente georeferenziata sulla base digitale in scala al 2000 in possesso del comune e quindi digitalizzata. Alla carta delle aree soggette a rischio determinate dallo studio di microzonazione sono stati sovrapposti mediante *overlay* la carta del patrimonio edilizio, comprendente anche i beni culturali, al fine di individuare il numero effettivo degli immobili soggetti a rischio. Inoltre è stato aggiunto il grafo viario, classificato sulla base delle differenti caratteristiche (larghezza della sezione, caratteristiche geometriche, pendenze, raggi di curvatura, etc.) in modo tale da prevedere quali vie eventualmente utilizzare come vie di fuga e quali accessi scegliere per i mezzi di soccorso. In ultima analisi, si è passati a determinare il numero effettivo di popolazione coinvolta attraverso la sovrapposizione dei precedenti tematismi con le aree di censimento ISTAT, le quali hanno fornito, oltre agli indici della densità abitativa, anche il numero dei residenti nelle aree a rischio potenziale. La creazione della carta del rischio sismico così ottenuta ha evidenziato le aree più sensibili e soggette a rischio sismico. Ciò ha consentito inoltre di effettuare una adeguata manutenzione programmata da parte dell'Amministrazione Comunale al fine di pianificare tutti gli interventi di consolidamento strutturale e restauro conservativo del patrimonio edilizio, riservando particolare attenzione al patrimonio culturale<sup>7</sup>.

##### 5- Il software GIS MGCI-AUGUSTUS

Le tecnologie GIS adottati in MGCI - *Augustus*<sup>8</sup> rispettano due fondamentali requisiti: 1. Il dato, di qualsiasi natura, è inteso come il bene più prezioso e, pertanto, viene strutturato in maniera tale da risultare visibile e disponibile a qualsiasi altro applicativo diverso dall'applicazione che lo ha generato. 2. Tutte le interfacce e procedure *software* che prelevano, modificano e generano dati strutturati in modo da garantire interconnettività e modularità. Nel rispetto di tali requisiti, i moduli MGCI - *Augustus* sono stati strutturati proprio per garantire la massima espandibilità del sistema e la sua completa integrazione con il *database* e le applicazioni già esistenti. La strutturazione dei dati, l'organizzazione delle interfacce e le procedure interne in MGCI - *Augustus* sono state realizzate cercando di rispettare il più possibile il paradigma N-

<sup>6</sup> L'obiettivo del progetto è stato comunque quello di aggiornare le differenti fonti cartografiche in possesso dal Comune di Nicosia ed i contenuti informativi ad esse associate, al fine di eliminare duplicazioni ed inutili ridondanze di informazioni.

<sup>7</sup> Per ulteriori approfondimenti si rimanda al testo Lo Tauro, A. (2005b)

<sup>8</sup> Si ringrazia La TESEO SRL di Catania e la GeoCos di Nicosia (EN)

Tier. N-Tier è una architettura che consente la suddivisione in strati della soluzione informatica facilitando l'astrazione di ogni strato da quelli adiacenti evitando quindi soluzioni chiuse e proprietarie. Così, partendo dai dati, uno strato è costituito da fonti dati di qualsiasi natura. E' stato pertanto possibile ottenere il *database* o le sorgenti dati costituite da altre applicazioni (*Legacy system*) e connesse attraverso l'istanza di oggetti specifici. Un altro strato (*Business Logic*) è costituito dall'insieme di applicazioni che consentano l'elaborazione dei dati implementando le funzionalità previste. Infine è stato implementato uno strato di presentazione, sul quale spostare una porzione delle elaborazioni in relazione alla specificità del *front end*. Questi strati non debbono essere erroneamente interpretati come elementi della tipica soluzione *client/server*, che prevede modalità di connessione tra il *client* e il *server* specifiche e spesso proprietarie. Nel caso di N-Tier gli strati sono effettivamente astratti, cioè le modalità di comunicazione risulta essere pubblica in modo che l'utente può sostituire o un intero strato o parte di essi, senza necessariamente rivedere l'intera soluzione, evitando così scelte fortemente vincolanti e salvaguardando gli investimenti. In altre parole sarà possibile utilizzare fonti dati di qualsiasi natura in ambito Database (Access, SQL server, Oracle), CAD (es. AutoCAD, Microstation) e GIS (es. Geomedia, Esdri, Mapinfo).

## **6- Futuri sviluppi della ricerca**

L'amministrazione comunale, adottando il progetto proposto, si doterà di uno strumento completo, potente, flessibile ed espandibile attraverso il quale censire, analizzare, pianificare e gestire le emergenze di protezione civile. Il Piano Comunale di Protezione Civile, così come previsto dal metodo AUGUSTUS, è uno strumento indispensabile di cui ogni amministrazione comunale si deve dotare per poter definire gli scenari di rischio ai quali è soggetto il territorio comunale e pianificare le procedure di intervento da adottare durante la gestione delle emergenze. E' stato necessario pertanto effettuare il censimento e l'accorpamento omogeneo dei dati cartografici di base e delle informazioni aggiuntive riguardanti, ad esempio, la distribuzione della popolazione, le aree di attesa, ammassamento, ricovero, i mezzi e i materiali disponibili, il personale di protezione civile assegnato. Completato il reperimento dei dati di base sarà possibile effettuare ulteriori simulazioni che consentiranno di rappresentare su base cartografica gli scenari di rischio a cui è soggetto il territorio. Si produrranno le carte dei rischi ed i conseguenti modelli di intervento descritti nell'apposita relazione tecnico-descrittiva ove sono riportati i lineamenti di pianificazione degli interventi e le competenze del Sindaco, così come disposto dall'art 15 L.225/92, da applicare allo scattare delle emergenze. L'utilizzo di uno strumento *software* GIS aperto garantisce una grande flessibilità durante tutte le fasi di redazione del Piano consentendo la memorizzazione delle informazioni via via prodotte che, essendo in formato elettronico, saranno facilmente esportate, pubblicate e completate man mano che nuove informazioni saranno disponibili all'Amministrazione. L'approccio proposto, pianificato per fasi, consente all'Amministrazione del Comune di Nicosia di sviluppare il progetto secondo fasi sequenziali diluendo nel medio periodo gli investimenti e favorendo anche i meccanismi di apprendimento e di gestione da parte del personale tecnico addetto.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Kolbl (2001) "Technical Specifications for Elaboration of Digital Elevation Models", Centro interregionale, <http://www.centrointerregionale.it>
- Mitas L., Mitasova H. (1999), "Spatial Interpolation, Geographical Information System: Principles, Techniques, Management and Applications", Geoinformation International, P. Longley
- Lo Tauro, A. (2005a) "General Information System for Religious Italian's cultural resources", in MULTIMEDIAPLAN.AT, CORP&Geomultimedia05 (feb.22-25 2005, [www.corp.at](http://www.corp.at)) pp. 391-394
- Lo Tauro, A. (2005b) "Vision techniques for digital architectural heritage", in EVA 2005 Florence Conference (March 17-18) pp. 120-125
- Lo Tauro, A, *Sistemi informativi per i beni culturali: il patrimonio tradizionale del Parco dell'Etna* in "Metropoli in Transizione" giornata annuale, 2004 INU Campania,
- Urbisci S. e Mozzi E., "Il DTM nella valutazione dei pericoli ambientali per il patrimonio culturale della Lombardia", in *Atti della 8a Conferenza italiana UtentiESRI* (Roma, 20-21 aprile 2005), Roma, ESRI, 2005 (in CD) ([esriitalia.it/conferenza2005/](http://esriitalia.it/conferenza2005/)).

