

BANCA DATI E CARTE DEL RISCHIO PER L'ARCHEOLOGIA INDUSTRIALE CON L'AUSILIO DI TECNOLOGIE GIS

A. Lo Tauro

Dipartimento di Matematica ed Informatica, Università degli Studi di Trieste

Riassunto

La ricerca implementa tecnologie GIS per la gestione delle importanti linee guida legate alla tutela e valorizzazione dell'Archeologia industriale. Per questa ragione sono stati analizzati differenti dati cartografici e carte tematiche per l'implementazione della piattaforma GIS. Ogni informazione tematica (analizzata per l'implementazione del *case-study*) è stato relazionato ad un *file code*. Ciascun codice richiama lo *script* della funzione *hot link* relative ai principali temi e linee guida per la tutela e valorizzazione dell'archeologia industriale. Combinando lo scenario di rischio con il database della vulnerabilità del costruito e con le informazioni sull'esposizione dei beni si giunge alla individuazione degli scenari di danno. In questo lavoro è stato pianificato un prototipo per un GIS dinamico e flessibile specializzato nella collezione di una grande quantità di dati ad integrazione a quanto già programmato nel progetto nazionale MARIS, con la realizzazione di campi specifici. Tale strumento può risultare utile per differenti istituzioni (Protezione civile, Istituzioni regionali, Enti locali, ecc).

Abstract

This research implements GIS technology for the management of all the important guidelines related to the Industrial Archaeology. For this reason we analysed different informative layers, cartographic data and thematic information relative to the data base for the specialised GIS platform. Each thematic information (implemented for the analysis of the case-study) is related to a field code. Each code recalls the script with the function hot link relative to the main topics and guidelines for the Industrial Archaeology. We planned a prototype for a dynamic and flexible GIS specialised in the collection of large data. The tool for the management of different sources and for the updating and the implementation of MARIS national programme can be useful for different Institutions (such as Civil Protection, Regional Institutions, Province, Local Institutions).

1- Introduzione

Questo *paper* rappresenta un utile *framework* per un *project GIS* della carta del rischio comprendente il censimento e la catalogazione di beni appartenenti al patrimonio dell'archeologia industriale mediante la creazione di un archivio aggiornabile in tempo reale. Lo scopo è di implementare analisi e valutazioni dell'interazione tra i fattori di pericolosità e quelli di vulnerabilità censiti con la schedatura effettuata su beni scelti come esempio (per tipologia o per ipotesi di riqualificazione antropica e naturale).

Dall'esperienza maturata con un precedente progetto europeo COMET¹ è stato possibile provvedere all'attività di rilevamento e progettazione dei contenitori industriali appartenenti al patrimonio industriale ed all'informatizzazione dei provvedimenti di tutela e valorizzazione presenti negli archivi dell'Università di Manchester, dei Centri di ricerca, degli enti locali ed imprese coinvolte nel progetto.

L'archeologia industriale si integra nel palinsesto del patrimonio culturale attraverso l'implementazione di una piattaforma SIT nell'ambito del Programma Regionale di Sviluppo 1998-2000. Analogamente a quanto già programmato nel progetto nazionale MARIS¹ si realizza un

¹ Il progetto europeo COMET (*Programme for inter-community co-operation between universities and industry regarding initial and continuing training in EEC countries*) si è sviluppato sulla base di accordi tra l'università degli Studi di Manchester, di Palermo e le imprese Simpson Associates Architects e la Pickard Filanson Partnership, BBC Project Office (New Broad casting House, Manchester).

sistema informativo territoriale articolato in tre domini (statico strutturale, ambientale, antropico). Il *projectGIS* della Carta del rischio del patrimonio culturale ed ambientale ricadente nell'area dell'archeologia industriale della provincia di Enna e di Catania per la Sicilia e di Manchester e Liverpool per l'Inghilterra, ha l'obiettivo di integrare ed aggiornare le Carte del Rischio con la Mappa del Patrimonio Demoetnoantropologico articolandosi in *layers* a diverse scale di osservazione per un programma completo in materia di monitoraggio del rischio relative agli intorni territoriali presi in esame e per l'implementazione del settore del turismo culturale europeo. Il presente lavoro mirava inoltre alla classificazione tipologica (dal "tipo-base" alle successive trasformazioni tipologiche), classificazione degli elementi costruttivi, analisi delle tecniche costruttive e degli elementi ricorrenti ed alla pianificazione delle strutture legate all'archeologia industriale per il recupero e l'utilizzazione per fini turistici attraverso la costruzione di un GIS per la messa in rete dell'architettura industriale e le "vie dello zolfo".

In materia di definizione delle politiche atte a programmare la tutela e la valorizzazione dei beni, il *projectGIS* è in grado di gestire con interrogazioni e *management* di dati costantemente aggiornabili, i fattori di rischio individuale (suscettibilità al degrado del singolo bene) e territoriale (suscettibilità al degrado del patrimonio culturale di un territorio). Opportunamente elaborate, tali informazioni possono entrare come *layers* nel Sistema Informativo Territoriale per l'archeologia Industriale e qui venire integrati con sistemi informativi e banche dati esterne (SITAP, SIGEC; SITIA ed altri *database* della Regione Siciliana, es. R.P.A-Sicilia), sviluppando un'analisi preventiva delle caratteristiche di vulnerabilità dei beni culturali oggetto di analisi.

2- Il *geodatabase*

Il *geodatabase* è stato realizzato attraverso *overlaying* fra limiti amministrativi dei territori analizzati e una base informativa alla scala 1:10.000 (Carta Tecnica Regionale in formato digitale) con l'analisi degli indici di edificabilità, standard per regolamenti edilizi, zonizzazioni e norme tecniche per PRG, norme e criteri per la progettazione architettonica e per il restauro architettonico; quindi si è creato un terzo *layer* puntiforme per segnalare l'ubicazione dei beni scelti a campione nell'indagine. Questi punti hanno anche la funzione di richiamare con *hot links*, le relative immagini (fotografie, planimetrie, stralci di PRG e *master plans*, dal campo "foto") e gli *script* che individuano schede illustrative (dal campo "dati"). Gli strati informatici più dettagliati sono stati invece integrati con le elaborazioni implementate in ambiente CAD (in scala 1:200, scala 1:50 ed 1:10) con modellazioni 3D dello stato di fatto e di progetto. Attraverso una serie di elaborazioni di matrice topologica effettuate in ambiente CAD ed in ambiente GIS, è stato inoltre possibile ricostruire il *layers* lineare della base cartografica che individua i margini delle infrastrutture *greenways* in un tematismo poligonale esteso al *network* delle infrastrutture legate all'archeologia industriale (vecchie linee ferrate dismesse, *waterfronts*, *docks*, etc). È stato pertanto creato un *database MS Access* facilmente aggiornabile. Il modello elaborato di database si struttura in *records* articolati in diversi campi: contenitori industriali (edifici singoli, complessi di edifici e corpi di fabbrica), singoli elementi caratterizzanti i differenti dati informativi (caratteristiche metrologiche, fattori tipologici del bene, diagnostica, etc.). Il tracciato della scheda madre del *database* che contiene le informazioni relative alle specializzazioni produttive dei beni, è strutturato in campi, a loro volta suddivisi in sottocampi. L'applicazione pratica di questo modello di archiviazione consiste nella possibilità di effettuare delle interrogazioni mediante *query* capaci di recuperare le informazioni utili (beni a rischio, beni danneggiati, beni da recuperare, beni da valorizzare, ecc). La procedura di valutazione dello stato di conservazione dei beni in esame è stata pertanto progettata per una rilevazione accurata di tutti i beni attraverso l'utilizzo di tracciati schedografici corredati di un apparato iconografico (riprese fotografiche con camere digitali con focale fissa) e di rilievi architettonici con metodologie laser scanner terrestre².

² 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 da

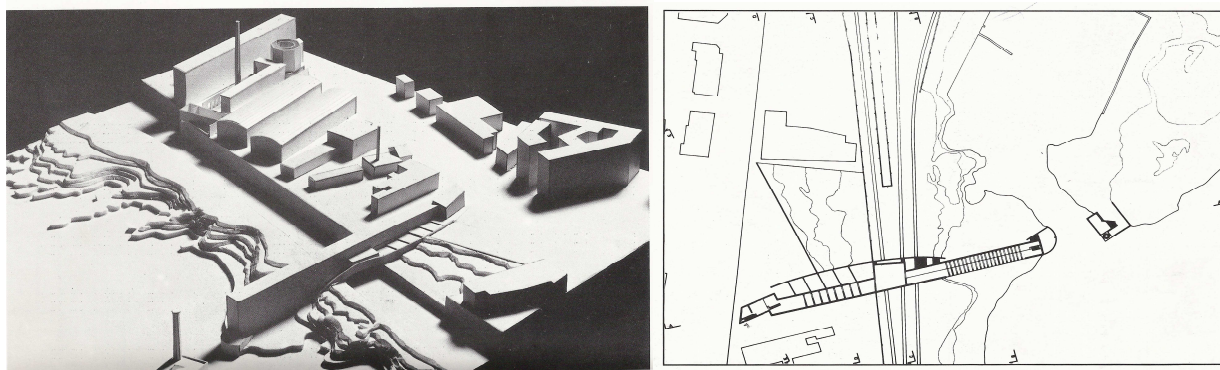


Fig. 1 – Rilievi, modellazioni ed elaborazioni CAD

L'organizzazione del S.I.T. viene progettata in funzione della conservazione programmata e della messa in sicurezza dei beni culturali immobili, al fine di limitare l'insorgere di fenomeni patologici (obsolescenze, degradi e dissesti) attraverso periodici e programmati interventi di monitoraggio e diagnosi e studiando, nel contempo, soluzioni per la gestione delle attività di previsione, prevenzione e del pronto intervento in caso di calamità naturali legati ai differenti fattori di rischio³. La base cartografica è infatti servita a costruire il *framework* per la realizzazione dei temi di base del SIT per la costruzione delle carte del patrimonio appartenente all'archeologia industriale.

In particolare, il *layer* relativo alle carte dell'uso del suolo e della vegetazione è stato elaborato individuando come temi base le aree verdi, le colture arboree e l'edificato, evidenziando, nel contesto, i beni culturali. In particolare l'analisi del rischio idrogeologico è stato realizzato confrontando i dati relativi alla carta delle aree a rischio molto elevato (legge 267) e la carta ERSAL delle aree esondabili con l'elaborazioni ottenute mediante l'estensione di Arcview "spatial analyst"⁴. Questi dati sono stati interfacciati a quelli ottenuti mediante le funzioni *Geoprocessing wizard* di Arcview per gli *shape* frane e dissesti, correlando le informazioni relative alla vulnerabilità con quelle della pericolosità geologica. Pertanto tutti i valori necessari si ricavano tramite funzioni dei sistemi GIS che permettono di "sovrapporre" (*OVERLAY*) ed "incrociare" (*CROSSTAB*) le carte tematiche così prodotte.

3- La vulnerabilità statico-strutturale

integrare con cartografie 3D. Si rimanda al paragrafo "la messa in sicurezza dei beni culturali mobili ed immobili" in Giuffrida A. Lo Tauro A (2006) "Gestione degli scenari di rischio e la tutela dei beni culturali: il Piano Etna", in *Atti della X Conferenza ASITA*. Si seguono inoltre gli *standards* schedografici I.C.R. e lo *standard* della scheda AIS, adottati non senza modifiche per la rilevazione dell'architettura civile con gli allegati relativi "impianti industriali e macchine e meccanismi" (Progetto ERASMUS, e COMETT, A. Lo Tauro, 1993-1996).

L'archivio e gli standard catalografici per la gestione delle informazioni vengono comunque applicati non senza varianti in funzione di tutti i dati analizzati (*remote sensing*, fotografie verticali, indagini geofisiche, diagnostica, etc.). Il sistema di costruzione di *records* e *files* per il database ha preso inoltre come modello i tracciati schedografici del Sistema Carta del Rischio (www.centrorestauro.sicilia.it/CartaDelRischio/Indice_CartaRischio.htm). 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 progettata *ad hoc* in funzione della valutazione dell'indicatore di rischio dei singoli beni culturali.

³ Si ricorda che l'obiettivo dell' *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* è stato così definito: "contribuire alla pace e la sicurezza promuovendo la collaborazione tra le nazioni attraverso l'educazione, la scienza e la cultura.." (Atto Costitutivo dell'UNESCO). Tra le aree tematiche si privilegiano in particolare l' I.C.T. (*Information Communication Technology*) e l' istruzione in situazioni di emergenza, crisi e ricostruzione.

⁴ Estensione Arcview "spatial analyst" ESRI, script AS11465, www.ESRI.COM.

Si considera la vulnerabilità⁵ la misura della perdita o della riduzione di efficienza nello svolgere le funzioni normalmente espletate o una caratteristica intrinseca di ogni manufatto. E' evidente che, utilizzando questa vastissima gamma d'informazioni in modo dinamico attraverso piattaforma SIT, cioè poter incrociare e confrontare i diversi tematismi prodotti, è possibile individuare aree omogenee per caratteristiche geologico-morfologico in maniera molto più rapida e precisa. Per il calcolo degli indici di vulnerabilità statico-strutturale dei beni culturali si è fatto uso dei nove tra i quattordici parametri implementati in funzione dei dati rilevati nella fase di schedatura conservativa considerando i primi cinque coefficienti con incidenze meno rilevanti ai fini del calcolo ed analizzando principalmente i campi relativi alle caratteristiche metrologiche ed ai fattori di forma del bene in oggetto di studio. Per questa finalità l'edificio viene esaminato attraverso i suoi elementi edilizi che comprendono tra l'altro: orizzontamenti, strutture in elevazione, coperture, collegamenti verticali, pavimentazioni e apparati decorativi, infissi, ecc. L'analisi della vulnerabilità statico-strutturale di ogni singolo bene viene calcolata in risposta ai singoli fattori di pericolosità (valanghe, frane e dissesti, esondazioni) definiti anche come tipologie di danno classificati in base alla gravità, al grado di urgenza e all'estensione del danno, attribuendo come valore di ciascuna variabile indici che variano tra lo 0 e l'1. La vulnerabilità del bene dipende pertanto da differenti fattori tra cui: la presenza o meno di piani interrati, che nel caso specifico di inondazione, rendono il bene più vulnerabile; il sistema smaltimento "acque bianche", da sottoporre a costanti monitoraggi che aiutano ad analizzare lo "stato di salute" dell'edificio. Il bene viene pertanto sottoposto a delle indagini diagnostiche (prove soniche, prove idrometriche, prove fisico-chimiche, ecc.) programmate in funzione dei fenomeni patologici (obsolescenza, degrado e dissesti). In una fase successiva è stato possibile attribuire dei valori di indici di vulnerabilità (degrado) per ogni singolo bene in funzione dei fenomeni patologici rilevati (obsolescenza, degrado e dissesti) derivati attraverso la seguente metodologia di calcolo:

$$DD = (1/c) \sum_{i=1}^c D_{cp}(i) \quad \text{con } 1 < c < 11 \text{ e con } 0 < DD < 10$$

ove: DD è il degrado-dissesto del bene, c il numero di componenti presenti e D_{cp} è il degrado del singolo componente.

$$D_{pc} = (1/n) \sum_{i=1}^n d_{liv} \quad \text{con } 1 < n \quad \text{e con } 0 < D_{pc} < 10$$

ove: n il numero di situazione di danno a carico della componente e d_{liv} è il livello di degrado-dissesto.

$$d_{liv} = (E_d / S_c) \times P_d \quad \text{con } 0 < E_d < S_c \text{ e con } 0 < d_{liv} < 10$$

ove: E_d è l'estensione del danno, P_d è il peso del danno ed S_c ($0 < S_c$) è lo sviluppo complessivo del componente.

Attraverso queste relazioni è possibile determinare la vulnerabilità statico-strutturale⁶ in funzione dell'analisi del danno relativo al bene nel suo complesso, considerando cioè tutte le componenti che lo costituiscono, dall'analisi del danno per ogni singolo componente ad ogni singola tipologia di danno. Si può inoltre costruire la matrice di vulnerabilità: il vettore riga, associato al bene in esame, capace di analizzare le caratteristiche in funzione delle variabili sopra citate. E' evidente che la stima della vulnerabilità di ciascuna variabile rispetto a ciascuno dei 4 fattori di pericolosità statico-strutturale consente la determinazione del valore degli elementi della matrice dei pesi P, dalla quale far dipendere il valore di vulnerabilità da attribuire al bene in esame.

⁵ Nel *case-study* si sono analizzate le "differenti tipologie" di vulnerabilità distinguendo la *vulnerabilità diretta* che indica la propensione di un singolo elemento (ritto o orizzontamento) a subire danni a al collasso a seguito di un evento, dalla *vulnerabilità indotta* che individua gli effetti della crisi dell'organizzazione del territorio provocati dal collasso di uno o più elementi che lo costituiscono (ad esempio, il crollo dell'organismo architettonico mette in crisi l'intero sistema antropico). La terza componente della *Vulnerabilità differita*, analizza gli effetti che si manifestano nelle fasi successive all'evento, capaci di modificare le abitudini ed il comportamento delle popolazioni insediate (come ad esempio, l'utilizzazione temporanea di alloggi di emergenza a seguito di una piena o di un evento franoso).

⁶ Tesi di Laurea di V. Bonarini : *La catalogazione dei Beni Immobili storici*", relatore Prof. Arch. A Bellini, Politecnico di Milano, Facoltà di Architettura, a.a. 1998-1999.

4- Rilevamento, georeferenziazione ed elaborazione dei dati

Le esperienze condotte attraverso campagne di catalogazione e georeferenziazione con sopralluogo sul territorio e le sperimentazioni effettuate, hanno dimostrato come il metodo di acquisizione della localizzazione degli edifici, attraverso le coordinate di un loro punto, può essere migliorato attraverso l'acquisizione del perimetro del poligono che rappresenta l'edificio. La realizzazione della "Carta del rischio" prevede infatti l'immissione nel sistema cartografico la posizione plano-altimetrica dei monumenti rilevati. La georeferenziazione ci consente inoltre di calcolare l'indicatore di vicinanza ovvero quel valore che dipende dalla minima distanza tra il bene ed il fronte del fenomeno di rischio. La determinazione del rischio passa attraverso le seguenti fasi sequenziali: Identificazione delle condizioni di instabilità realizzabile con osservazioni sul campo e sulla base dell'analisi delle foto aeree (litologia, struttura morfologica, vegetazione ecc.); rilevamento delle masse instabili attraverso metodologie topografiche; dimensione dei movimenti, velocità, spessore e tipologia dei materiali; verifica delle potenzialità del fenomeno; indicazione dei fenomeni naturali e morfologici legati a fenomeni d'instabilità (pioggia, neve, stagionalità, litologia, uso del suolo ecc.). La carta del rischio, la cui base è in scala 1:25.000 viene realizzata tramite il tipico processo di formazione dei SIT nei quali vengono interfacciati i dati geometrici, nel riferimento prescelto, e i dati alfanumerici. Con le tecnologie di posizionamento GPS, è stato possibile realizzare in tempi brevi, l'intero processo acquisizione-analisi dei dati. La campagna di georeferenziazione è stata suddivisa nelle seguenti fasi: inventariazione, precatalogo e catalogo. Nella fase di inventariazione dei beni culturali sono stati impiegati PDA (pocket PC ovvero ricevitori non geodetici comunemente usati anche in navigazione), le cui precisioni dell'ordine 1-5 metri sono state utili per definire le coordinate dei punti relativi ai beni oggetto di indagine. In questa fase infatti quale incertezza nella determinazione della posizione del bene è stato possibile assumere quella della base cartografica, 5 m per la scala 1:25.000. La maggiore precisione della fase di catalogo ha richiesto campagne di georeferenziazione più accurate, predisponendo strumenti GPS con precisioni centimetriche che, in funzione della strutturazione della cartografia numerica, non risentissero più del concetto di scala. Il metodo, in questo caso, si è avvalso di procedure differenziali mediante utilizzo di un ricevitore GPS Trimble a doppia frequenza (L1 e L2), collegato mediante un cavo coassiale RG 214 di 5m. ad un'antenna filtrata GPS Trimble TRM2965. La sperimentazione 2D si basava principalmente su proiezioni bidimensionali capaci di descrivere la morfologia del territorio. La rilevazione 3D delle barriere naturali (perimetrazioni, dislivelli, ecc.) è stata invece effettuata mediante rilevamenti topografici con l'ausilio di tecniche GPS, secondo modalità statica e cinematica con capisaldi di livellazione CTR, capaci di ottenere descrizioni tridimensionali del territorio più dettagliate. L'informatizzazione delle basi alfanumeriche mirava pertanto a risolvere i problemi di corrispondenze tra data base disponibili e quelli in fase di implementazione⁷.

5- Conclusioni

Il *projectGIS* costituisce un anello informativo fondamentale in materia di archeologia industriale in grado di definire un metodo di analisi da applicare successivamente in altre aree interessate da tali beni culturali. Nel futuro, si prevede di implementare la piattaforma leggendo simultaneamente sul territorio gli indicatori di pericolosità territoriale in riferimento ad aree disomogenee e le variabili desumibili dalla schedatura legate in larga parte alla vulnerabilità del patrimonio. L'aggiornamento del database delle informazioni sui fattori di degrado del patrimonio dell'archeologia industriale verrà effettuato attraverso ulteriori aggiornamenti della cartografia vettoriale, della cartografia 3D e dell'aumento del numero dei dati sui summenzionati fattori di pericolosità (valutando cioè la probabilità che si verifichi per un bene culturale un evento dannoso di una certa intensità entro un determinato intervallo di tempo). Il progetto intende, nella sua esemplificazione specifica, rappresentare elemento di riferimento per la pianificazione in materia di archeologia industriale

⁷ Si rimanda al corso 2005 su "tecnologie GPS e SIT" per l'esecuzione di rilievi e per metodologie di classificazione dell'infrastruttura viaria, Provincia di Catania.

mettendo a sistema itinerari turistici europei. Per far ciò si potrebbero inoltre implementare tecnologie geomatiche integrate (telerilevamento, tecnologie laser scanner montati su *Mobile Mapping System*⁸, etc.) per la tutela e valorizzazione di tali beni progettati *ad hoc* per l'implementazione del *network* dei *greenways* ad essi connessi (*waterfronts, docks*, etc). Il presente lavoro intende, nella sua esemplificazione specifica, rappresentare elemento di riferimento per la realizzazione della carta del rischio del patrimonio culturale europeo con particolare riferimento ai contenitori di beni appartenenti all'archeologia industriale per una politica di conservazione preventiva, manutenzione programmata e messa in sicurezza, attraverso le opportune azioni di coordinamento delle Istituzioni connesse (tra cui l'Assessorato Regionale Beni Culturali ed Ambientali e Pubblica Istruzione - Centro Regionale per la Progettazione e il Restauro e per le Scienze Naturali ed Applicate ai Beni Culturali, La Protezione Civile, ecc.).

Bibliografia

- Lo Tauro, A., Basile, A. (1996) "Archeologia Industriale e l'Architettura dello Zolfo" in *Progetto di Laurea*, vol. 3, 1993 Palermo, Medina, pp. 6-7
- Lo Tauro, A. (2005) "General Information System for Religious Italian's cultural resources" in *MULTIMEDIAPLAN.AT, CORP&Geomultimedia05* (feb.22-25 2005, www.corp.at) pp. 391-394
- Lo Tauro, A. (1995) "Tecnologie GIS per la tutela e valorizzazione dei beni culturali", *Sessione 2.1 GIS/applicazioni nella pianificazione e gestione territoriale*, in *Atti della 9ª Conferenza ASITA*, pp. 1375 – 1380
- Lo Tauro A. (1996) "La conoscenza del territorio mediante tecnologie laser terrestri" in *Atti del Convegno Nazionale SIFET 2006*, Castellaneta 14 -16 giugno, 2006, CD ROM
- Regione Lombardia (a cura di), *La carta del rischio del patrimonio culturale in Lombardia*, Milano, Guerini e Associati, 2004.
- Manzoni, G. 2006, Telegeomatica applicata al rischio vulcanico. In *Atti del Convegno "Il piano Etna, rischio vulcanico versante sud"*, Nicolosi, 12 giugno 2006
- Urbisci S., "Introduzione alla Guida per la Georeferenziazione dei Beni storico-architettonici", in Regione Lombardia (a cura di), *La carta del rischio del patrimonio culturale in Lombardia*, Milano, Guerini e Associati, 2004, pp. 34-44.
- 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/).

⁸ Il Laboratorio di Topografia dell'Università di Trieste ed il Centro di Eccellenza in Telegeomatica dell'Università di Trieste, coordinato dal Prof. Giorgio Manzoni, utilizza da tempo sistemi MMS (Mobile Mapping System) in vari ed innovativi settori di ricerca oltre che nella raccolta dati per la realizzazione del catasto strade (Manzoni, 2006).