

2008

**Immagini di modelli digitali a medio/alta  
risoluzione navigabili via web:  
un esempio di condivisione di banche  
dati geografiche di grandi dimensioni  
tramite Google Earth**

Simone Tarquini, Marina Bisson,  
Ilaria Isola e Luca Nannipieri

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

[www.ingv.it](http://www.ingv.it)



**Direttore**

Enzo Boschi

**Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

**Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano (coordinatore)

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

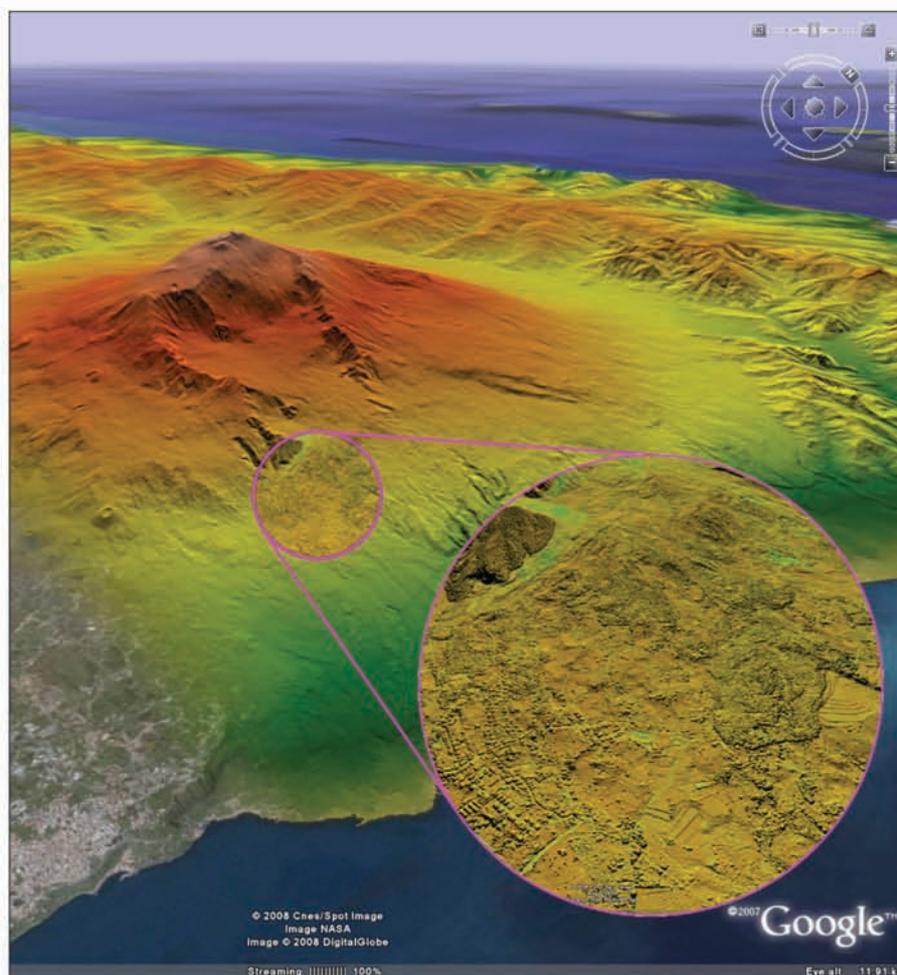
Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

**IMMAGINI DI MODELLI DIGITALI A MEDIO/ALTA RISOLUZIONE  
NAVIGABILI VIA WEB:  
UN ESEMPIO DI CONDIVISIONE DI BANCHE DATI GEOGRAFICHE DI  
GRANDI DIMENSIONI TRAMITE GOOGLE EARTH**

Simone Tarquini, Marina Bisson, Ilaria Isola e Luca Nannipieri

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
Sezione di Pisa*





## Indice

Introduzione.....	5
1. Dataset in input.....	6
1.1 TINITALY/01.....	6
1.2 Modello digitale bati-altimetrico.....	7
1.3 Modello digitale del M.te Etna.....	9
2. Scelta dell'interfaccia Web.....	10
3. Elaborazione dati ed output per il Web.....	11
3.1 Output da TINITALY/01.....	13
3.2 Output dal Modello digitale bati-altimetrico.....	16
3.3 Output dal Modello digitale del M.te Etna.....	17
4. Impostazione del server e requisiti del client.....	18
5. Conclusioni.....	21
Bibliografia.....	22



## **INTRODUZIONE**

---

I sistemi informativi geografici (GIS: *Geographic Information System*) rappresentano lo strumento principe per la produzione e la gestione dei dati cartografici. Le banche dati GIS sono essenziali per lo studio dell'evoluzione del territorio e costituiscono un serbatoio comune al quale attingono vari temi di ricerca dell'INGV. Un GIS è infatti per definizione votato ad un impiego trasversale e funziona bene quando è agevolmente utilizzabile da molti utenti. Non è un caso che il trend di sviluppo dei software di settore sia orientato verso l'apertura dei database geografici al Web: è attraverso il Web, infatti, che si possono condividere e confrontare agevolmente in tempi stretti (se non in tempo reale) database territoriali prodotti da vari gruppi di studio distanti nello spazio.

Il Tema Trasversale Coordinato (TTC) 5.4 nasce per favorire l'organizzazione tra i vari soggetti dell'INGV che si occupano di gestione ed analisi di dati territoriali. L'intento è duplice: da un lato quello di ottimizzare la gestione delle varie banche dati dell'Ente, e dall'altro quello di stimolare e promuovere collaborazioni interne all'INGV (e non solo). Una significativa porzione dell'attività dell'unità funzionale III della sezione di Pisa si svolge nell'ambito dei sistemi informativi territoriali. Questa attività concerne lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie GIS e la generazione e l'elaborazione di database GIS. Presentiamo qui l'allestimento di un sistema di navigazione via Web di banche dati di immagini derivate da modelli digitali del terreno aventi vasta copertura e/o alta risoluzione. Il sistema è stato concepito per aprire alla comunità scientifica dell'Ente la consultazione di queste banche dati attraverso un'interfaccia efficiente e dinamica.

Uno dei livelli informativi più richiesti in ambito GIS è il modello digitale altimetrico del terreno. Questo dato permette di contestualizzare in maniera molto efficace qualsiasi altra informazione fornendo all'utente un riferimento insostituibile.

Le rappresentazioni 3D di dati territoriali che sfruttano la tecnica del drappaggio sul modello altimetrico hanno un impatto comunicativo molto forte. Rispetto ai programmi GIS di prima generazione (ArcView, Surfer, Microstation) il trend di sviluppo dei nuovi programmi è diretto verso prestazioni 3D molto più spinte, capaci di drappaggiare livelli informativi sul terreno in maniera velocissima simulando dei veri e propri "voli" sul dato. Queste prestazioni sono possibili grazie allo sfruttamento delle librerie grafiche altamente performanti (*DirectX* ed *Open GL*) originariamente sviluppate per programmi orientati all'intrattenimento.

In questo contesto si inserisce Google Earth che, pur non essendo un programma GIS, è in grado di restituire con particolare efficienza visualizzazioni 3D di dati territoriali drappaggiati sulla superficie della terra. Per la consultazione sul Web delle immagini derivate dai nostri modelli digitali abbiamo scelto questo programma. Il sistema di navigazione implementato, oltre a rendere molto efficace la comunicazione dell'informazione, può fornire spunti per applicazioni scientifiche in ambito geomorfologico o strutturale.

## 1. DATASET IN INPUT

---

Le immagini utilizzabili nella navigazione via Web sono derivate da 3 modelli digitali altimetrici:

- i) modello digitale del terreno TINITALY/01.
- ii) modello digitale bati-altimetrico relativo alle regioni Sicilia, Calabria ed ai mari circostanti.
- iii) modello digitale del Monte Etna derivato dal rilievo Lidar 2005.

### 1.1 TINITALY/01

Il modello digitale del terreno (DTM: *Digital Terrain Model*) denominato TINITALY/01 è stato realizzato nell'ambito del progetto DIGITALIA portato a termine dall'INGV nel 2005 con l'ausilio di fondi del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio [Tarquini *et al.*, 2007]. Il protocollo di produzione adottato ha portato alla generazione di un modello digitale a maglia triangolare (TIN: *Triangular Irregular Network*) per l'intero territorio italiano.

Questo modello è stato costruito in ambiente ESRI nella proiezione UTM WGS84 32N per l'intero territorio nazionale ed UTM WGS84 33N per le sole regioni ricadenti nel Fuso 33. I dati vettoriali in input al processo di generazione del modello avevano derivazione eterogenea (fig. 1). Per l'elaborazione locale e sistematica del DTM il database in input è stato scomposto in circa 25000 elementi quadrati (*tiles*), aventi lato variabile tra 10km e 2.5km in funzione della densità del dato di partenza: maggiore la densità, minore la dimensione.

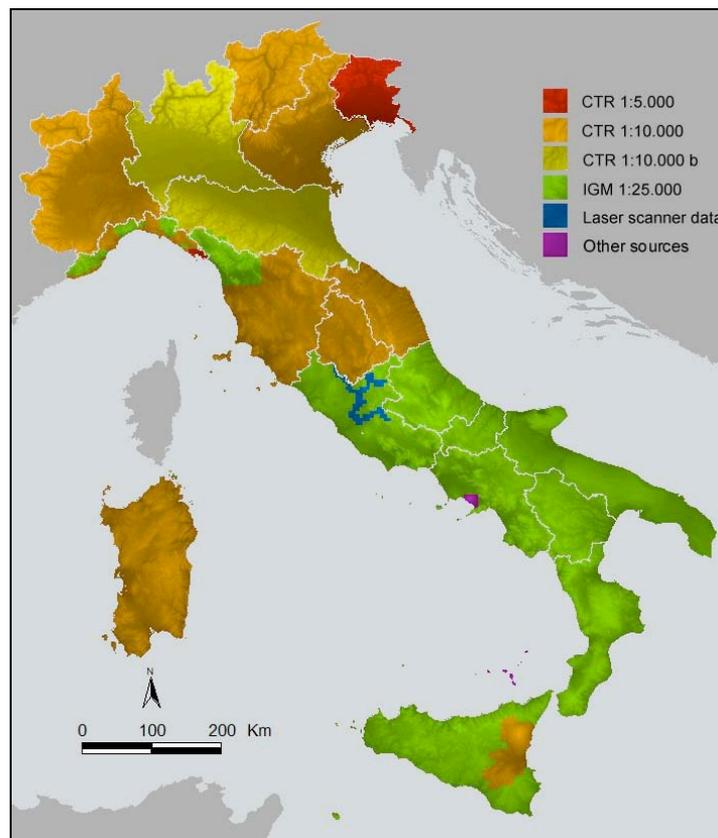


Figura 1 – Distribuzione dei principali dati sorgente di TINITALY/01. La sigla CTR indica la Cartografia Tecnica Regionale. L'equidistanza delle curve di livello da CTR 1:5.000 è 5m, da CTR 1:10.000 è 10m, da CTR 1:10.000b 50m, da IGM 1:25.000 è 25m. Per le altre sorgenti l'equidistanza è 10m.

Partendo dal formato nativo a maglia triangolare (TIN), il modello digitale del terreno, è stato restituito anche in formato a maglia quadrata (grid) per la migliore gestione di calcolo del formato matriciale. Al fine di preservare al meglio la risoluzione del TIN originale, le matrici contenenti i valori di elevazione del suolo sono state derivate sia a passo 10 che 5 metri, per un totale rispettivamente di oltre 3000 ed oltre 12000 milioni di celle sulla copertura totale.

## 1.2 Modello digitale bati-altimetrico

Il modello digitale bati-altimetrico (DTMM: *Digital Terrain Marine Model*) è stato realizzato nel sistema di riferimento WGS84 UTM 32N e copre la Sicilia, la Calabria ed i mari circostanti per una superficie totale di oltre 300000 Km<sup>2</sup>. Questo DTMM è stato realizzato integrando l'informazione altimetrica delle terre emerse (TINITALY/01) con quella batimetrica relativa alla adiacente parte sommersa. I dati relativi alla batimetria provengono da tre diverse fonti: la zona compresa tra lo stretto di Messina e la piana di Catania è stata derivata utilizzando esclusivamente rilievi batimetrici dell'Istituto Idrografico della Marina (*Multibeam IIM* in legenda, anni 1992-94); la zona del Tirreno meridionale è stata ottenuta elaborando le informazioni batimetriche contenute in due carte nautiche opportunamente digitalizzate [Marani *et al.*, 2004; Gamberi *et al.*, 1997] ed integrate da rilievi batimetrici condotti nelle aree circostanti alle isole Eolie dall'Istituto Idrografico della Marina (anni 1994-97) [Bisson *et al.*, 2003; Favalli *et al.*, 2005]; il resto dell'informazione batimetrica è stata derivata dai dati prodotti e distribuiti dal GEBCO [*British Oceanographic Data Centre*, 2003]

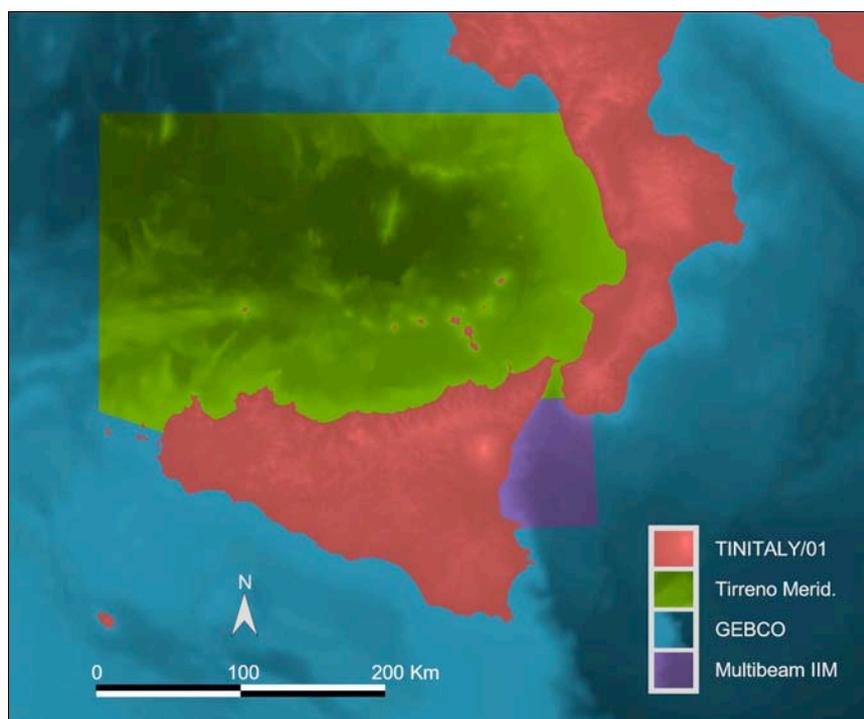


Figura 2 – Distribuzione dei dati sorgente del modello bati-altimetrico. La coordinata del vertice in alto a sinistra dell'immagine è 40°37'35.16'' N e 11°21'45.29'' E.

Le quattro porzioni che compongono il modello bati-altimetrico hanno risoluzione molto diversa: la risoluzione più bassa è quella del GEBCO, che è costituito da una matrice a passo di poco inferiore a 2Km; la risoluzione maggiore è quella del TINITALY/01, generalmente ben restituito da una matrice a passo 10m; le altre due porzioni batimetriche hanno risoluzioni intermedie (comunque più vicine a quella di

TINITALY/01 che a quella del GEBCO). Per questo motivo le zone di contatto tra i vari dati sorgente presentavano evidenti discrepanze morfologiche. Per attenuare questo problema le aree di confine tra i lotti sono state raccordate tra loro tramite apposite procedure che hanno permesso di preservare il più possibile il dato avente la risoluzione migliore.

I grid nativi GEBCO e TINITALY/01 hanno un enorme differenza di passo, inoltre, essendo definiti l'uno per la parte sommersa e l'altro per le terre emerse, non presentano zone di sovrapposizione. Per fondere tra loro questi due DEM (*Digital Elevation Model*) conservando la risoluzione di TINITALY/01 ed evitando brusche variazioni di quota è stata messa a punto una apposita procedura. Questa procedura prevede il ricampionamento iterativo della matrice del GEBCO con una nuova matrice a passo pari a 0.8 volte quella in input. Al termine di ogni ricampionamento, sul risultato parziale viene imposta una maschera che pone a zero le celle ricadenti sulle terre emerse (e quindi sul dominio di TINITALY/01). Questa iterazione viene ripetuta fintanto che la cella in input non è minore di  $10 \times 1.25$ ; a questo punto il ricampionamento viene impostato direttamente a 10m, ovvero il valore della cella di TINITALY/01. Oltre a generare un efficace smussamento del dato batimetrico, questa procedura ha permesso di conservare integralmente la risoluzione nativa della matrice TINITALY/01 utilizzata, mantenendo quindi tutti i dettagli della costa e dell'entroterra. Per abbreviare i tempi di ricampionamento delle matrici e controllare meglio l'algoritmo questa operazione è stata implementata in un programma appositamente scritto in C++. L'eseguibile ottenuto da questo programma è pilotato da apposite routine scritte in Avenue<sup>TM</sup> che permettono di integrarne la funzionalità nell'ambiente GIS di ArcView3.3.

Per fondere tra loro i lotti di batimetria aventi sorgente differente si è usato un metodo diverso. Una volta ridotto a 10m il passo della cella del GEBCO con il metodo descritto sopra, i vari lotti di modello batimetrico non presentavano importanti differenze per quanto concerne la dimensione della cella dei grid. E' stato quindi possibile riportare senza problemi tutte le matrici al solito passo. In questo caso l'operazione fondamentale consiste nel raccordare diversi grid che hanno lo stesso passo. Tra i vari modelli batimetrici era possibile definire una striscia di raccordo larga alcuni chilometri lungo tutto il confine tra i lotti. In questa striscia le matrici confinanti erano entrambe definite. Tra i due bordi opposti di questa striscia è stata impostata una funzione che trasforma la stessa in una rampa i cui valori variano linearmente da 0 a 1. Questa funzione è stata ottenuta trasformando i margini della striscia in due isolinee aventi valori 0 ed 1 e costruendo in ArcView3.3 un TIN che triangola tra queste. Il TIN è stato migliorato utilizzando l'algoritmo DEST [Favalli and Pareschi, 2004]. La funzione di raccordo è quindi direttamente restituita dai valori del TIN. Una volta costruita la rampa, per ottenere un raccordo efficace tra due grid confinanti, chiamati per esempio grid1 e grid2, è stato sufficiente sostituire le celle ricadenti nella striscia di confine con quelle fornite dalla seguente formula:

$$\text{grid\_raccordo} = \text{grid1} \times \text{rampa} + \text{grid2} \times (1 - \text{rampa})$$

Applicando sistematicamente questa procedura è stato generato un raccordo continuo attraverso tutti i confini tra i diversi lotti. Il passo scelto per la matrice unica finale è 25m, per un totale di circa 483 milioni di celle. Questo passo è certamente eccessivo per le zone coperte dal dato GEBCO, ma permette di conservare il maggiore dettaglio presente negli altri lotti.

### 1.3 Modello digitale del M.te Etna

Il modello digitale dell'Etna è stato realizzato elaborando più di  $2.5 \times 10^8$  punti Lidar (*Light detection and ranging*) acquisiti su un'area di  $620 \text{ km}^2$  durante un rilievo *Laser Scanning* da Aereo (ASL) eseguito nel 2005 utilizzando un sensore Optech ALTM 3033 (fig. 3a) [Neri *et al.*, 2008]. Il sensore utilizzato emette 33000 impulsi al secondo in una lunghezza d'onda dell'infrarosso vicino. Questa tecnica di rilievo è basata sul calcolo dei tempi di ritorno degli impulsi emessi dal laser e riflessi dalla superficie colpita. Tramite una semplice relazione viene calcolata la distanza della superficie dallo strumento. I parametri geometrici riguardanti il posizionamento e l'assetto dell'aereo sono calcolati tramite l'aggancio ad una rete geodetica a terra e ad un sistema di posizionamento satellitare (GPS). Sulla base di questi dati il sistema è in grado di calcolare le coordinate topo-altimetriche dei punti scansati (fig. 3b).

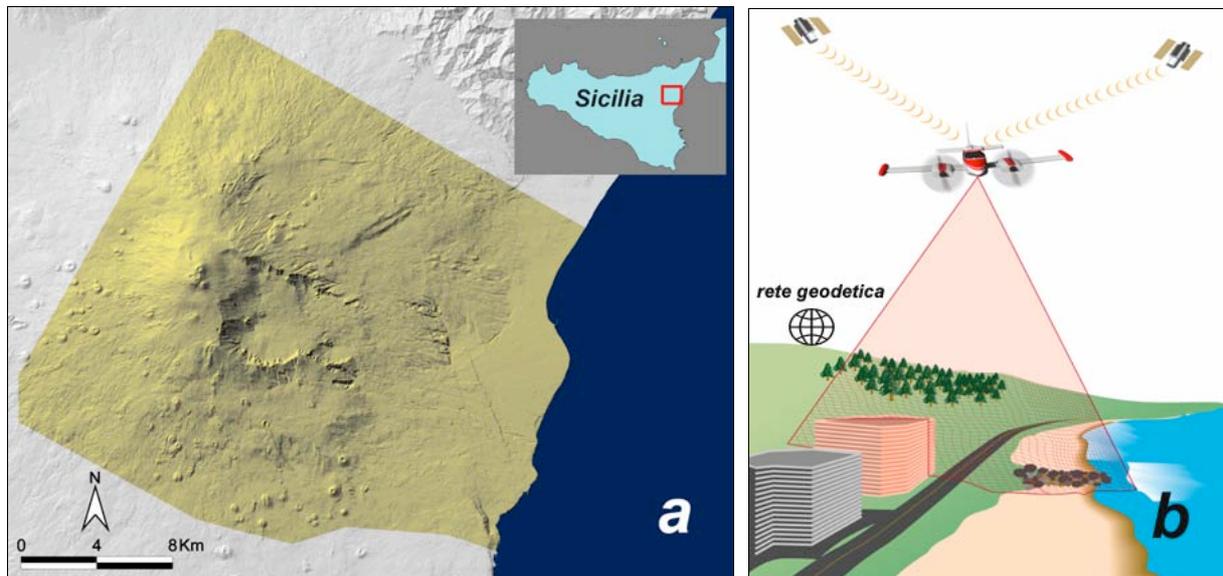


Figura 3 – a) In giallo la copertura dei dati Lidar utilizzati; – b) schema del sistema di rilievo Lidar da aereo.

Oltre alle informazioni 3D (accuratezza orizzontale  $\pm 1.5\text{m}$ , accuratezza verticale  $\pm 0.4\text{m}$ ), per ogni punto acquisito viene registrato anche il valore dell'intensità, espressa dal rapporto tra la quantità di energia emessa dal laser e quella che ritorna allo strumento dopo la riflessione. I dati grezzi, georiferiti nel sistema cartografico WGS84 UTM 33N, sono stati processati e filtrati per creare due dataset: i punti riferiti al terreno ed i punti riferiti a vegetazione, edifici ed altri manufatti. Successivamente sono stati realizzati due modelli digitali altimetrici: il DSM (*Digital Surface Model*) derivato da tutti i punti, ed il DEM derivato dai soli punti riferiti al terreno. Entrambi i modelli, restituiti in formato matriciale (grid), sono a passo 2 metri (circa 66 milioni di celle). Le procedure di filtraggio sono state realizzate utilizzando moduli specifici (Terrascan) su piattaforma Microstation®, le successive elaborazioni sono state implementate in ArcView3.3, l'immagine finale è stata ottenuta con Adobe Photoshop 7.0.

## **2. SCELTA DELL'INTERFACCIA WEB**

Il nostro obiettivo era quello di approntare un sistema che permettesse di consultare via Web, nella maniera più dinamica ed efficace possibile, le immagini derivate dai modelli altimetrici precedentemente descritti. Abbiamo valutato le caratteristiche dei due software GIS che includono funzionalità Web a nostra disposizione: MapServer ed il pacchetto ArcGIS Server. MapServer non offre le funzionalità di visualizzazione 3D che cercavamo ed è stato quindi scartato. Il pacchetto ArcGIS Server, tramite il modulo ArcGIS Explorer, in teoria permette di navigare via Web i dati sfruttando elevate funzionalità 3D. La gestione di questo software è però relativamente complessa, ed inoltre i primi test effettuati con il modulo Explorer hanno evidenziato prestazioni insufficienti. Anche se non si tratta di un software GIS, abbiamo quindi preso in considerazione le funzionalità di Google Earth (GE nel seguito), e dopo alcuni test abbiamo deciso di utilizzarlo per la pubblicazione dei nostri dati sul Web.

GE è un software gratuito a larghissima diffusione per la navigazione geografica 3D sul globo terrestre (<http://earth.google.com/index.html>). Tramite questo applicativo sono liberamente accessibili e navigabili livelli informativi predefiniti tra cui immagini satellitari, fotografie aeree e dati topografici. Questi livelli informativi sono dinamicamente scaricati via internet dai server proprietari. Per consentire la visualizzazione 3D dei rilievi della superficie terrestre, il programma utilizza un modello altimetrico di riferimento prodotto e distribuito dalla NASA avente risoluzione planimetrica globale di circa 90 metri (SRTM; <http://www.jpl.nasa.gov/srtm> consultato in aprile 2008) [Farr and Kobrick, 2000]. L'attivazione del livello "Terreno 3D" restituisce le immagini drappeggiate sul modello predefinito.

GE ha il notevole merito di aver aperto ad una vastissima platea la consultazione gratuita di una grande mole di dati geografici. I suoi punti di forza sono il costo (nullo), un sistema di rappresentazione dell'immagine 3D molto efficiente, la possibilità di visualizzare gratuitamente archivi di immagini aventi risoluzione variabile, e soprattutto la possibilità di aggiungere livelli informativi prodotti dall'utente stesso e consultabili da altri tramite il Web. Tra i punti deboli spicca in primo luogo la precisione localmente bassa della georeferenziazione delle immagini predefinite, la limitata accuratezza del modello altimetrico di riferimento utilizzato per le terre emerse ed infine l'assenza di un modello batimetrico di riferimento, cosa che non consente la rappresentazione "Terreno 3D" al di fuori dalle terre emerse. Un ulteriore neo di questo software, legato alla diversità di prestazioni tra le varie versioni, è descritto nel capitolo 4.

Google ha reso disponibile insieme al navigatore GE anche il linguaggio di programmazione dedicato KML, appartenente alla famiglia XML ([http://earth.google.com/intl/en/userguide/v4/ug\\_kml.html](http://earth.google.com/intl/en/userguide/v4/ug_kml.html)), che permette un utilizzo più avanzato di GE. Questo linguaggio mette a disposizione una serie di codici predefiniti (*tags*) specificamente dedicati alla navigazione geografica dei dati.

In questo lavoro abbiamo ampiamente utilizzato le potenzialità del linguaggio KML, sfruttando per esempio la possibilità di gestire dinamicamente la compressione piramidale delle immagini. Questa tecnica, gestendo archivi della stessa immagine a risoluzione progressiva, permette di ottimizzare il caricamento dei dati raster sulla vista in funzione dello zoom attivo.

### 3. ELABORAZIONE DATI ED OUTPUT PER IL WEB

---

Per caricare i dati geografici su GE questi devono essere georiferiti nella proiezione cartografica denominata indifferentemente equidistante cilindrica o equirettangolare.

Il primo obiettivo era quello di ottenere per ogni dataset un mosaico di immagini perfettamente continuo in questa proiezione cartografica. Quando una immagine georiferita nel sistema UTM WGS84 32N viene riproiettata nel sistema equirettangolare, i rapporti angolari all'interno dell'immagine e sul suo margine risultano cambiati (fig. 4).

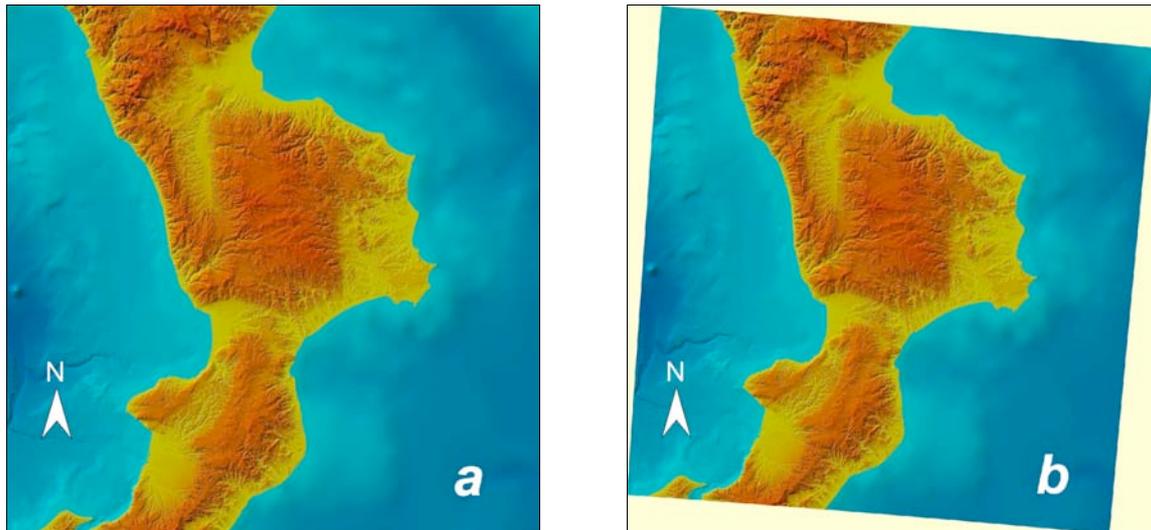


Figura 4 – Esempio di riproiezione di immagine dal sistema UTM WGS84 32N (a) al sistema equirettangolare (b). In questo caso si tratta di immagini dell'archivio bati-altimetrico.

Confrontando le due immagini 4a e 4b si osserva che questo tipo di riproiezione genera zone prive di informazione pertinente sul margine dell'immagine (in giallo pallido in 4b). Per lavorare in maniera ottimale con archivi di immagini in continuità spaziale organizzate in mosaici, è preferibile che le immagini del mosaico siano prive di margini come quelli dell'immagine 4b, ma siano invece profilate correttamente con i margini simili all'immagine 4a. Se questa condizione non fosse soddisfatta, per mantenere la continuità con le immagini adiacenti sarebbe necessario definire sovrapposizioni tra immagini ed introdurre criteri di trasparenza per mascherare le zone non pertinenti.

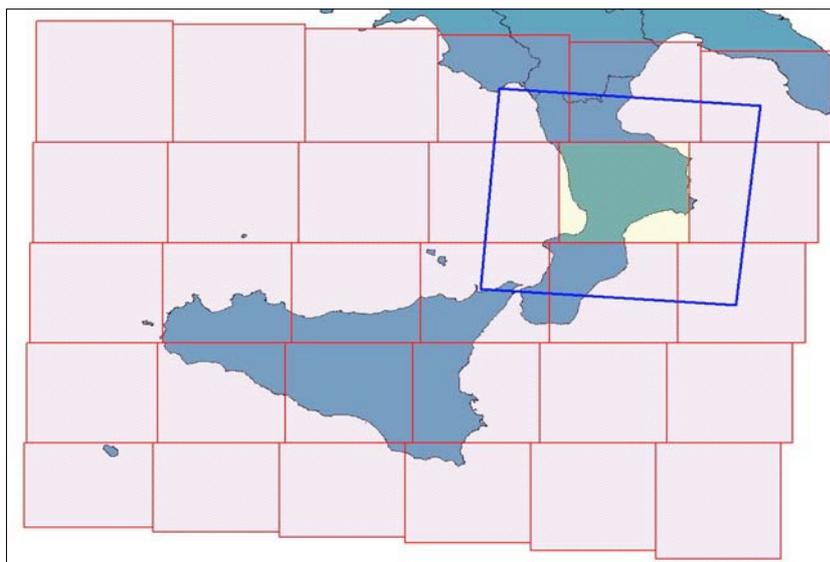


Figura 5 – Con i margini dei *tiles* in rosso, il quadro di unione mostra la copertura delle 30 tessere che compongono il mosaico di immagini in continuità spaziale ottenuto in proiezione equirettangolare per l'archivio bati-altimetrico (qui visualizzato in coordinate geografiche). Il margine azzurro indica il limite della riproiezione dell'immagine sbordata di figura 4b; da quella è stato ritagliato l'elemento del mosaico evidenziato in giallo.

Il metodo che abbiamo adottato per ottenere un mosaico adeguato è il seguente: tutte le immagini che formano il mosaico in input in UTM sono state rigenerate ampiamente sbordate in modo da avere un ampio margine di ricopertura verso tutte le immagini adiacenti. In questo modo, una volta riproiettata ciascuna immagine nel nuovo sistema, è stato possibile definire un nuovo quadro unione in cui ogni elemento è inscritto all'interno del margine effettivo della corrispondente immagine riproiettata. In figura 5 è mostrato come un nuovo elemento del mosaico in proiezione equirettangolare (evidenziato in giallo) sia stato ritagliato all'interno del margine azzurro che indica il limite effettivo dell'immagine 4b (escludendo il margine giallo pallido visibile nella stessa figura). Tutti gli elementi del quadro di unione del mosaico nel sistema equirettangolare sono stati ottenuti in maniera analoga, da un ritaglio su una immagine più estesa.

Una volta creato il database di immagini in continuità spaziale alla massima risoluzione nel sistema equirettangolare, questo è stato replicato a risoluzione progressivamente minore per implementare i livelli di compressione piramidale. Ogni livello è stato scomposto in elementi di dimensioni adeguate, ognuno dei quali è georiferito sul globo da un apposito file *kml*. La dimensione opportuna degli elementi si ottiene direttamente dalle specifiche indicate sulle guide di KML: ogni singola immagine dovrebbe avere una taglia di circa 300x300 pixel. Il tag **Networklink** permette di concatenare tutti i livelli scegliendo dinamicamente per ogni zona la risoluzione ottimale in funzione del punto di vista e dello zoom attivo nel momento. I livelli di compressione, le scomposizioni in elementi ed i file *kml* sono stati ottenuti scrivendo apposite routine in Avenue™ (ArcView 3.3®) ed in Global Mapper® Script. Il flusso di produzione globale è il seguente:

- 1) I modelli digitali sono inizialmente gestiti ed elaborati utilizzando ArcView3.3 (TINITALY/01 e modello bati-altimetrico) oppure Terrascan (Lidar 2005), in questa fase si utilizzano anche applicativi esterni come DEST [Favalli and Pareschi, 2004] oppure specifici programmi scritti in C++.
- 2) Le immagini in input generate nel sistema UTM WGS84 sono ottenute utilizzando sia ArcView3.3 che apposite routine scritte in C++, capaci di comporre adeguatamente le immagini ombreggiate con immagini a livelli di colore. Nel caso del Lidar 2005 l'immagine input è stata ottenuta utilizzando direttamente Adobe Photoshop 7.0.

- 3) Tramite Global Mapper 8 le immagini sono riproiettate nel sistema equirettangolare, quindi in ArcView3.3 vengono generati i quadri di unione degli elementi relativi ai vari livelli di compressione.
- 4) Tramite apposite routine in Avenue<sup>TM</sup> vengono generati dei file *batch* nel linguaggio Global Mapper® Script che ritagliano le immagini secondo gli elementi dei quadri di unione. Per la compressione delle immagini dei livelli a risoluzione minore è stato usato il *freeware* XnView (<http://www.xnview.com/>). Anche questo software può lavorare in *batch* ed è stato integrato in ArcView3.3 tramite ulteriori routine scritte in Avenue<sup>TM</sup>.
- 5) Ancora in Avenue<sup>TM</sup>, sono stati sviluppati appositi script che appoggiandosi sui quadri di unione generano i file *kml* che determinano il georiferimento (dentro GE) di tutte le immagini ritagliate e compresse al punto 4. In questi ultimi script è anche direttamente implementata la scrittura negli stessi file *kml* di tutti i *tags* che determinano la funzionalità di navigazione dinamica degli archivi.

A questo punto il database è pronto per essere archiviato sul server dedicato al servizio Web.

Di seguito sono descritti i quadri unione e le risoluzioni adottate nei vari livelli di compressione piramidale per i tre archivi di immagini presentati.

### 3.1 Output da TINITALY/01

Relativamente al modello TINITALY/01 abbiamo optato per la navigazione di immagini tipo ombreggiato dove i toni di colore indicano l'altimetria (fig. 6). Per le immagini è stato scelto il formato *png* a 16 milioni di colori, capace di restituire integralmente la dinamica dell'immagine e nello stesso tempo di gestire anche la trasparenza (sul mare ed oltre i confini nazionali). Gli archivi di immagini sono organizzati in 7 (0-6, tab. 1) livelli di compressione (fig. 7). Per rendere più agevole il caricamento delle immagini, i livelli 5 e 6 a più alta risoluzione (rispettivamente 10 e 5 metri) sono stati inclusi solo per alcune zone. In questo modo si è limitato il numero globale dei *tiles* a meno di 25mila, valore oltre il quale si è osservato una drastica diminuzione della dinamica 3D del navigatore.

L'archivio globale delle immagini e dei relativi file *kml* è costituito da 49197 file ed ha una dimensione di 2.47 Gb su disco rigido.

livello	numero <i>tiles</i>	risoluzione (m/pixel)	area coperta (% su territorio It.)	pixel per livello (Megapixel)
Livello0	193	~ 320	100%	~ 3
Livello1	193	~ 160	100%	~ 12
Livello2	622	~ 80	100%	~ 48
Livello3	2196	~ 40	100%	~ 188
Livello4	8177	~ 20	100%	~ 754
Livello5	12119	~ 10	37%	~ 1116
Livello6	1092	~ 5	1%	~ 120

Tab. 1 – Livelli di compressione generati per la navigazione delle immagini di TINITALY/01.

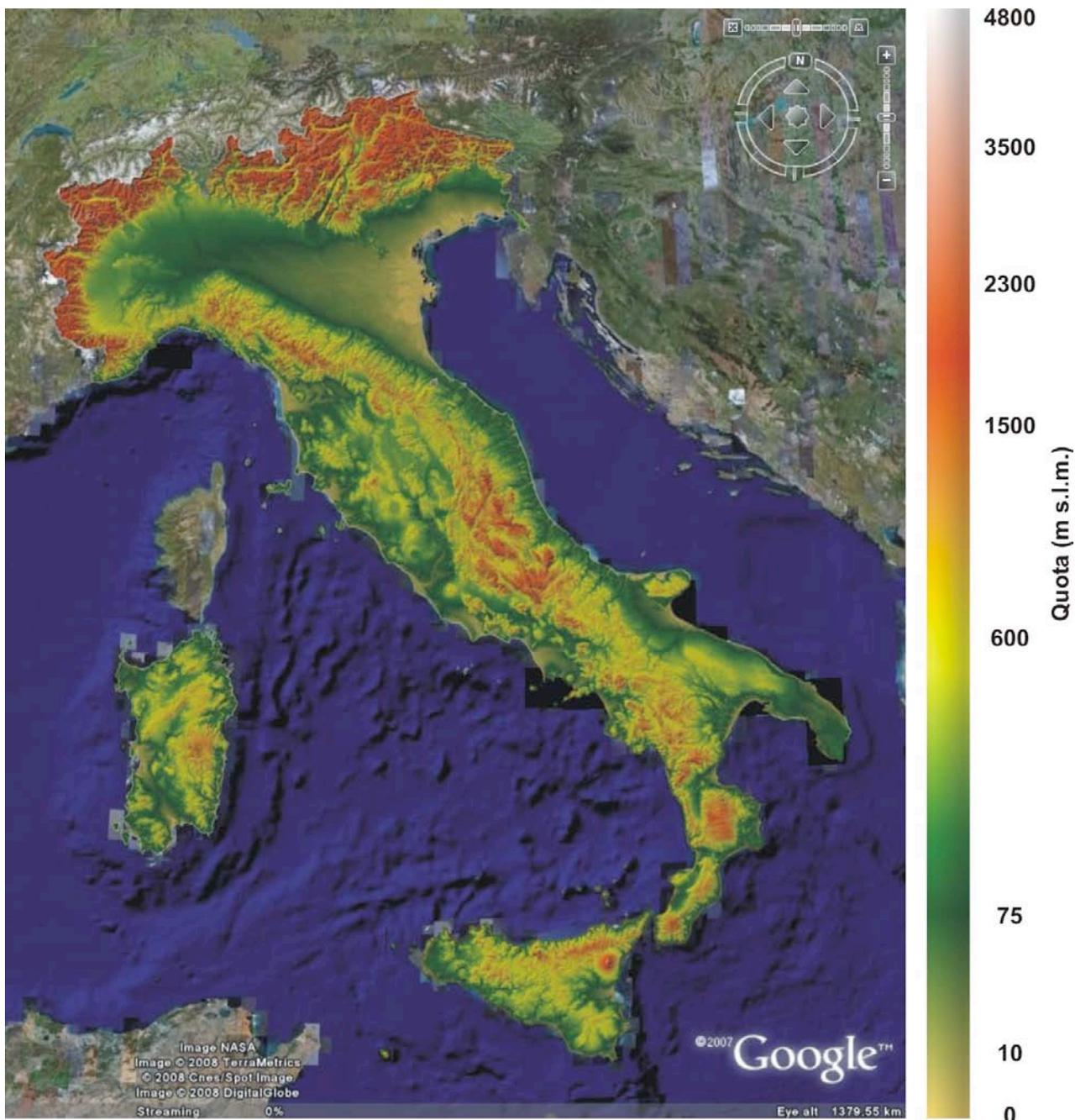


Figura 6 – Anteprima dell'archivio TINITALY/01 visualizzabile tramite Google Earth.

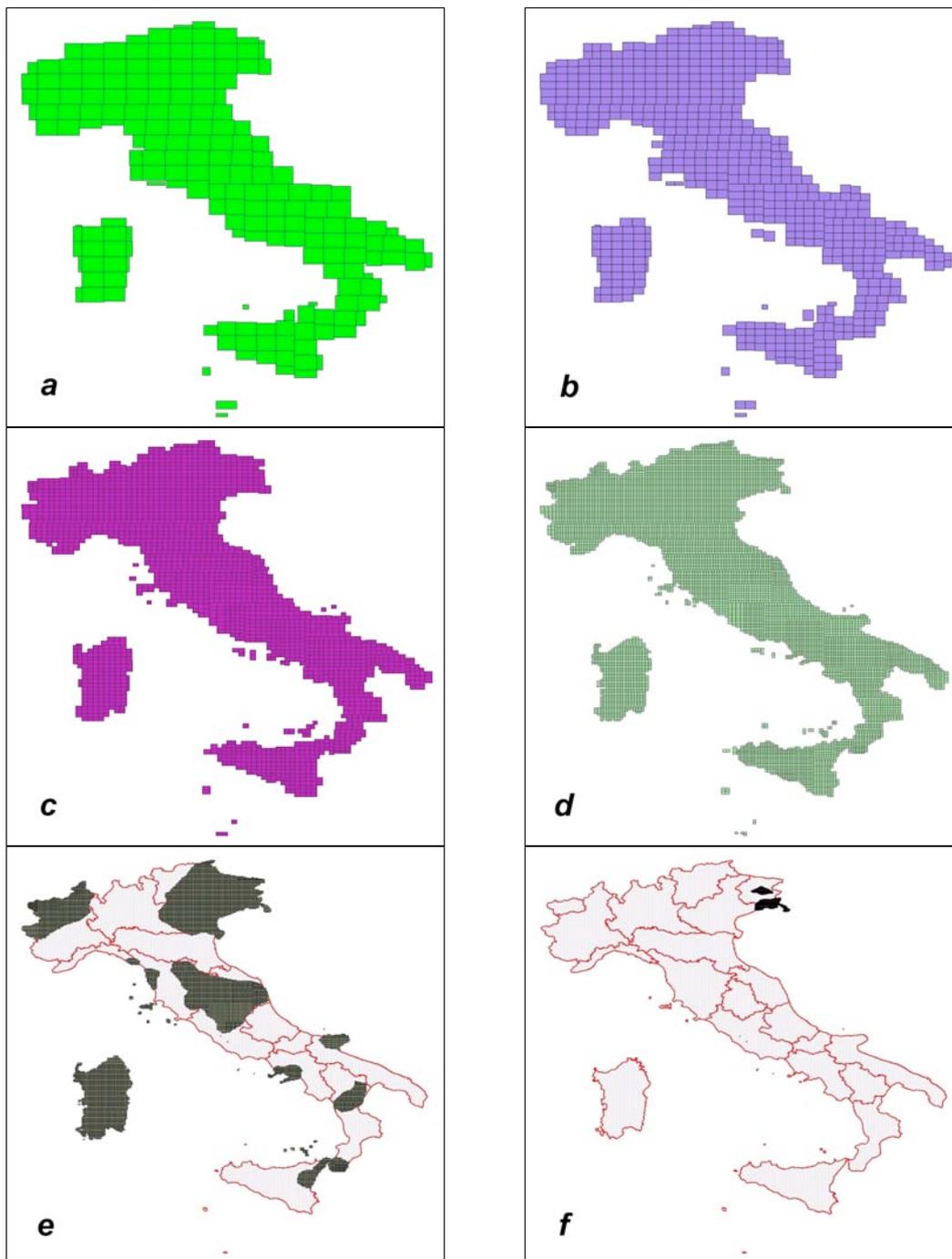


Figura 7 – Quadri unione dei livelli di compressione per l'archivio TINITALY/01: a) Livelli 0 ed 1, b) livello 2, c) livello 3, d) livello 4, e) livello 5, f) livello 6.

### 3.2 Output dal modello digitale bati-altimetrico

Per questo modello abbiamo optato per la generazione di immagini tipo ombreggiato combinate con toni di colore indicanti l'altimetria e la batimetria (fig. 8). Anche in questo caso per le immagini è stato scelto il formato *png* a 16 milioni di colori. La navigazione è articolata su 5 (0-4, tab. 2) livelli di compressione che coprono l'intera area.

L'archivio globale delle immagini e dei relativi file *kml* occupa 220 Mb su disco rigido per un totale di 10335 file.

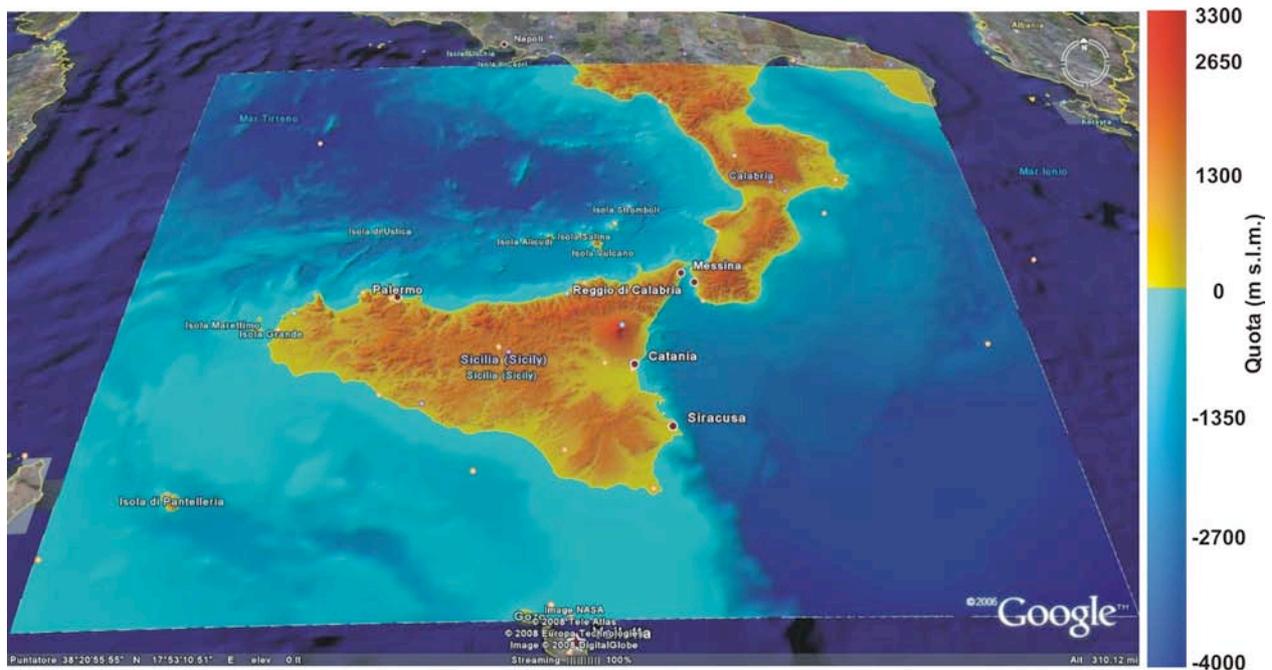


Figura 8 – Anteprima dell'archivio bati-altimetrico visualizzabile tramite Google Earth.

livello	numero <i>tiles</i>	risoluzione (m/pixel)	pixel per livello (Megapixel)
Livello0	30	~ 400	~ 1.9
Livello1	30	200	~ 7.5
Livello2	120	100	~ 30
Livello3	480	50	~ 120
Livello4	1920	25	~ 480

Tab. 2 – Livelli di compressione generati per la navigazione delle immagini del modello bati-altimetrico.

### 3.3 Output dal modello digitale del M.te Etna

Le immagini scelte per la navigazione, in formato *png* a 16 milioni di colori, sono state ottenute dall'ombreggiato del DSM combinato con toni di colore che rappresentano i valori dell'intensità (fig. 9). Per questa immagine sono stati predisposti 7 (0-6, tab. 3) livelli a risoluzione crescente da circa 128m a 2m. Tutti i livelli di compressione coprono l'intera area del rilievo.

L'archivio globale delle immagini e dei relativi file *kml* occupa 516 Mb su disco rigido per un totale di 7612 file.

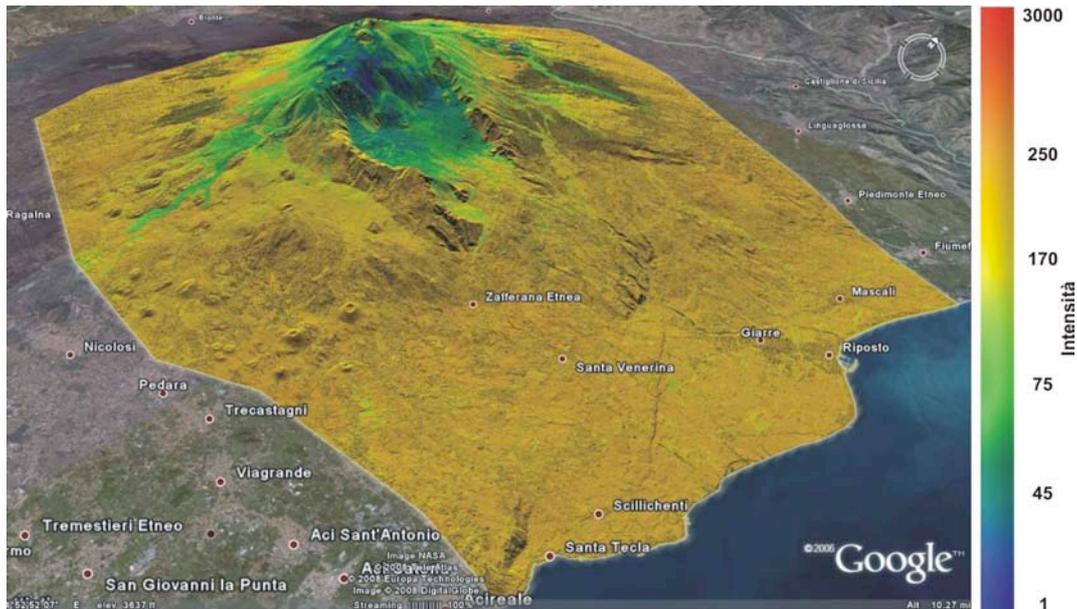


Figura 9 – Anteprima dell'archivio Lidar 2005 visualizzabile tramite Google Earth; di fianco è riportata la legenda dell'intensità.

livello	numero <i>tiles</i>	risoluzione (m/pixel)	pixel per livello (Megapixel)
Livello0	1	~ 128	~ 0.02
Livello1	4	~ 64	~ 0.09
Livello2	16	~ 32	~ 0.38
Livello3	55	~ 16	~ 1.3
Livello4	198	~ 8	~ 4.6
Livello5	728	~ 4	~ 17
Livello6	2798	~ 2	~ 66

Tab. 3 – Livelli di compressione generati per la navigazione delle immagini del modello digitale del M.te Etna.

## 4. IMPOSTAZIONE DEL SERVER E REQUISITI DEL CLIENT

---

Per consentire la navigazione utilizzando immagini residenti in archivi remoti, queste devono essere collocate insieme ai relativi file *kml* in un server di rete che disponga di un servizio Web.

La navigazione degli archivi inizia quando un utente su client connesso al Web carica in GE un file *kml* (file-starter) che punta ad un altro file *kml* situato sul server. A questo punto si innesca il processo di navigazione dinamica implementato sul file *kml* puntato.

Qui di seguito è riportato integralmente il codice KML di uno di questi file-starter:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.1">
  <NetworkLink>
    <name>sic_cal_rem</name>
    <Region>
      <LatLonAltBox>
        <north>40.62663972682308</north>
        <south>35.81740212372592</south>
        <east>18.40193002138419</east>
        <west>11.22239138543549</west>
      </LatLonAltBox>
      <Lod>
        <minLodPixels>0</minLodPixels>
        <maxLodPixels>-1</maxLodPixels>
      </Lod>
    </Region>
    <Link>
      <href>http://kharita.rm.ingv.it/navi/sic_cal/STARTERS/sic_cal.kml</href>
      <viewRefreshMode>onRegion</viewRefreshMode>
    </Link>
  </NetworkLink>
</kml>
```

Le prime due righe del codice stabiliscono il linguaggio e la versione utilizzati nella comunicazione; quindi seguono i *tags* che pilotano il sistema dentro la navigazione dell'archivio di immagini: il già citato *tag Networklink* e poi quello *Region*, che delimita i criteri di visualizzazione entro un box i cui parametri sono specificati nel successivo *tag LatLonAltBox*. All'interno di quest'ultimo *tag* sono infatti indicati in coordinate geografiche i margini nord, sud, est ed ovest del box stesso. Il *tag Lod* definisce invece i criteri di visibilità di quanto collegato alla regione (*Region*) in relazione alla dimensione (in pixel) che questa assume nella vista attiva; l'*html-tag href* definisce poi il protocollo di comunicazione (http: *HyperText Transfer Protocol* [RFC 2616]) e tradisce dove punta lo starter: in questo caso su un server collocato all'INGV di Roma, dove sono stati replicati tutti gli archivi che permettono le navigazioni.

Il client ed il server comunicano attraverso una connessione TCP/IP sulla porta 80, che è quella standard per il protocollo usato. Tramite la piattaforma Apache Web server il server sta costantemente in ascolto per soddisfare eventuali richieste provenienti dall'esterno. Non appena da un client sul Web arriva una richiesta, il software Apache provvede al trasferimento dei file richiamati. Il protocollo HTTP differisce da altri protocolli di livello 7 (ultimo livello del modello OSI) come FTP, per il fatto che le connessioni

vengono generalmente chiuse una volta che una particolare richiesta (o una serie di richieste correlate) è stata soddisfatta. Questo comportamento rende il protocollo HTTP ideale per il *World Wide Web* e per l'applicazione in oggetto (fig. 10).

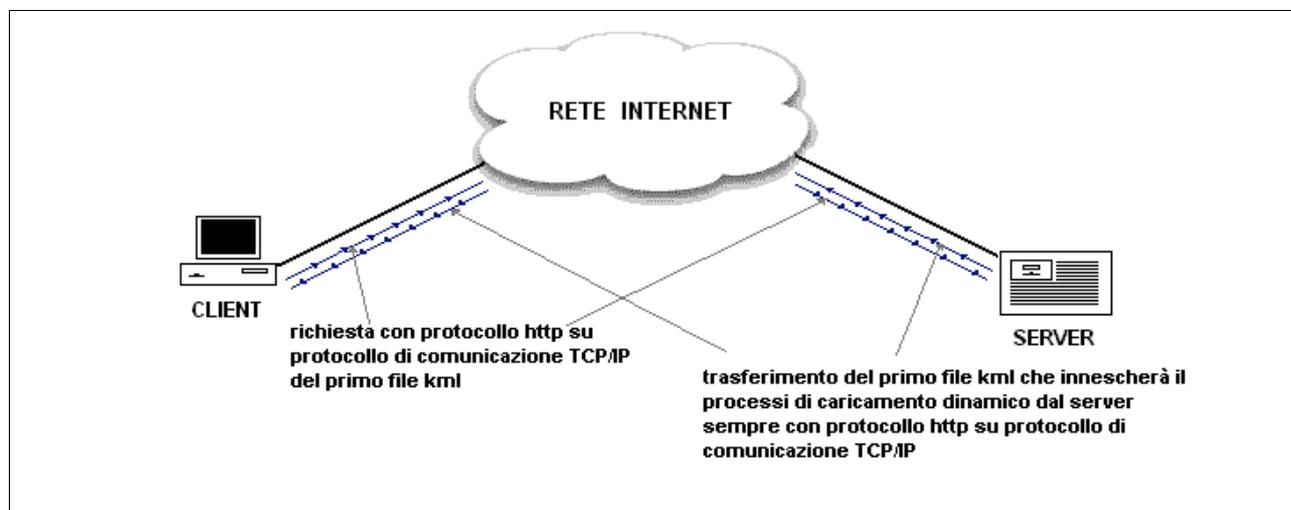


Fig. 10 – Schema funzionale del sistema client-server approntato.

Successivamente, per rendere più sicura la comunicazione tra client e server, è stato sperimentato anche il protocollo HTTPS al posto di quello HTTP. Lo schema di funzionamento di HTTPS [RFC 2818] è sintatticamente identico a quello dell'HTTP, con la differenza che gli accessi vengono gestiti tramite un canale criptato che viene creato attraverso uno scambio di certificati tra il client e il server. Questo canale viene chiamato *Secure Sockets Layer* (SSL) e per convenzione viene utilizzata la porta 443 anziché la 80. Sia il client che il server (opportunamente configurato) supportano questa variante di comunicazione.

Per migliorare ulteriormente il controllo e la sicurezza degli accessi sul server, quest'ultimo si può configurare in modo tale che, quando da un client arriva una richiesta di collegamento ad un file *kml* residente (solo per il primo file di ogni sessione), il sistema per attivare il trasferimento delle informazioni richiede un identificativo utente ed una parola chiave. In questa modalità si rende possibile la navigazione solo ad utenti abilitati.

Per il dimensionamento del server, il parametro più importante è il numero di connessioni contemporanee che si intendono supportare. Questo parametro determina la scelta degli Hard Disk, del processore e della RAM del server, anche se un importante collo di bottiglia del sistema è costituito dalla velocità di connessione del server alla rete internet. Attualmente il server installato a Pisa è un Dual Xeon Core2 con 2GB di RAM che dispone di 500Gb di memoria di massa su HD SCSI (10000rpm) organizzati in RAID 5 con un *hot spare*. La connessione alla rete internet del server è di 100 Mbps. Con la configurazione descritta si stima di poter gestire tra 30 e 50 utenze simultanee.

Per quanto riguarda il client si fa riferimento ai requisiti richiesti dal software che dipendono dalla versione e dal Sistema Operativo installato. GE dimensiona automaticamente le risorse hardware impegnate in proporzione a quelle disponibili sul client. In linea di massima una navigazione fluida è garantita da una buona GPU, ma sono comunque importanti anche le altre risorse hardware ed è fondamentale la velocità della connessione al Web. E' necessario ricordare che l'installazione di GE include un sistema semiautomatico di aggiornamento in linea attraverso internet. I nuovi aggiornamenti sono spesso delle versioni beta che non sempre si rivelano più efficienti delle precedenti versioni. Determinate versioni di GE (anche in funzione del sistema operativo su cui girano) possono ad esempio presentare limitazioni nel

funzionamento di alcuni *tags* con conseguente scadimento o fallimento della navigazione. In generale il sistema presentato funziona bene a partire da pc di fascia media con Windows XP o Linux dotati di GE nelle versioni 4.0.X o 4.2.X. Abbiamo verificato che l'ultima versione beta rilasciata (nel momento in cui scriviamo la 4.3), è per ora compatibile solo nella versione PRO (quella a pagamento). Un installatore della versione 4.2 di GE è liberamente scaricabile da <http://kharita.rm.ingv.it/dmap/node/43>. Durante i test effettuati si sono talvolta verificati malfunzionamenti non imputabili alla versione di GE installata. Tra questi inconvenienti figura per esempio il mancato recupero di qualche file dal server. In questo caso GE avverte l'utente con una finestra che segnala il problema. E' possibile che la causa sia una risposta troppo lenta del server alla richiesta del client, e che la lentezza sia dovuta ad un collo di bottiglia a livello hardware nel sistema server-web. Questo genere di malfunzionamenti in genere è episodico. Per ulteriori approfondimenti sulle funzionalità degli aggiornamenti di GE e del KML si rimanda ai forum dedicati alla comunità degli utenti (<http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php/Cat/0>).

## **5. CONCLUSIONI**

---

Il lavoro sin qui svolto permette la consultazione via Web di banche dati di immagini derivate da modelli digitali aventi grande estensione e/o grande dettaglio. Grazie alla gratuità ed alla semplicità dell'applicativo scelto, la navigazione è immediatamente fruibile da tutti gli utenti abilitati che dispongano dei requisiti client necessari: per innescare la navigazione di ognuno dei database descritti è infatti sufficiente caricare dentro GE un file-starter *kml* da 1 Kbyte.

Le immagini derivate dai vari modelli altimetrici permettono una efficace lettura della morfologica del territorio. Questa informazione può rappresentare un valore aggiunto utile per contestualizzare dati georiferiti provenienti da diverse discipline all'interno della comunità INGV (e non solo). Il sistema di visualizzazione è libero ed aperto e permette a qualsiasi utente di aggiungere propri livelli informativi. Per questo motivo la soluzione qui illustrata può rappresentare una base di partenza per promuovere scambi interdisciplinari.

Tutti gli output descritti in questo rapporto rientrano tra i dati messi a disposizione della comunità INGV attraverso il portale GEOSERVER, un progetto di archiviazione e distribuzione di dati geografici all'interno dell'Ente promosso e curato dai membri del TTC 5.4 afferenti al CNT (<http://kharita.rm.ingv.it/>).

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il dottor Giuseppe Vilardo dell'Osservatorio Vesuviano (INGV, Napoli) per la puntuale revisione e gli utili suggerimenti.

## **Bibliografia**

Bisson, M., Favalli, M., Mazzarini, F., Mori, A., Pareschi, M.T., Sinapi, L., (2003). A morphometric model of the Aeolian Islands (Italy). *Il Nuovo Cimento*, 26, 417- 435

British Oceanographic Data Centre, (2003). Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas, published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans, Liverpool, U.K.

Farr, T.G. and Kobrick, M., (2000), Shuttle radar Topography Mission produces a wealth of data. *Eos. Trans. Am. Geophys. Un.*, 81, 48, 583-585

Favalli, M., Karatson, D., Mazzuoli, R., Pareschi, M.T., Ventura, G., (2005). Volcanic geomorphology and tectonics of the Aeolian archipelago (Southern Italy) based on integrated DEM data. *Bull Volcanol*, 68:157-170, DOI 10.1007/s00445-005-0429-3

Favalli, M., and Pareschi, M.T, (2004) Digital elevation model construction from structured topographic data: The DEST algorithm, *J. Geophys. Res.*, 109, F04004, doi:10.1029/2004JF000150.

Gamberi, F., Savelli, M., Marani, M.P., Ligi, M., Bortoluzzi, G., Landuzzi, V., Luppi, A., Badalini, M., Costa, M. (1997) Carta morfobatimetrica e dei depositi idrotermali di una porzione sommersa dell'arco oliano, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Marina, Bologna.

Marani, M.P., Gamberi F., Bortoluzzi G., Carrara G., Ligi M., Penitenti D., (2004). Tyrrhenian Sea bathymetry (1:1000000), In: *From seafloor to deep mantle: architecture of the Tyrrhenian backarc basin.*, (M.P. Marani, F. Gamberi, E. Bonatti ed.), *Mem. Descr. Carta Geol. Ital.*, LXIV, 195.

Neri, M., Mazzarini, F., Tarquini, S., Bisson, M., Isola, I., Behncke, B., Pareschi, M.T., (2008). The changing face of Mount Etna's summit area documented with Lidar technology. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L09305, doi:10.1029/2008GL033740

Request for Comments: 2616 <http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>

Request for Comments: 2818 <http://www.ietf.org/rfc/rfc2818.txt>

Tarquini, S., Isola, I., Favalli, M., Mazzarini, F., Bisson, M., Pareschi, M. T., Boschi, E. (2007) - TINITALY/01: a new Triangular Irregular Network of Italy. *Ann. Geophys.*, 50, 3, 407-425