

Elaborazioni GIS 3D per la lettura del territorio: un esempio per la Riserva Naturale delle Salse di Nirano (Appennino Modenese)

E. Liberatoscioli (*), D. Castaldini (*), M. Conventi (**), P. Coratza (*)

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena, Dipartimento di Scienze della Terra
Largo Sant'Eufemia n. 19, 41121 Modena, Tel. +390592055811, Fax +390592055887
e-mail: elena.liberatoscioli@unimore.it

(**) Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano, Comune di Fiorano Modenese (MO)
V.le V. Veneto n. 27/A, 41042 Fiorano Modenese (MO), Tel. +390536833276-258, Fax +390536838718

Riassunto

La Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano ricade nel territorio di bassa collina ai piedi dell'Appennino modenese ad una trentina di chilometri da Modena. La Riserva, visitata ogni anno da circa 50.000 persone, è stata istituita nel 1982 e suo elemento caratterizzante sono le cosiddette Salse, emissioni di fango freddo prodotte dalla risalita in superficie, attraverso faglie e/o fratture, di acqua salata e fangosa frammista principalmente a metano e in piccola parte a petrolio. A seconda della densità della melma, in superficie si possono osservare forme a cono o polle a livello del terreno. I prodotti descritti sono stati realizzati per la promozione e la valorizzazione della Riserva. Una prima elaborazione consiste in un'immagine tridimensionale, ottenuta dal DTM passo 5 metri della Regione Emilia Romagna rivestito con le Ortofoto Digitali Agea 2008, tale da rendere apprezzabile anche per un visitatore inesperto la particolare morfologia a conca della zona in cui sono ubicate le salse, nonché i calanchi circostanti. L'immagine è stata pubblicata sulla Carta Turistico-Ambientale della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano caratterizzata anche da una Carta Geoturistica che coniuga la rappresentazione dei più evidenti aspetti geologici e geomorfologici con le informazioni turistiche fondamentali. Inoltre, è stato realizzato un breve video basato su alcune scene di volo virtuale sul territorio della Riserva (*fly-through*) elaborate con ArcScene della ESRI, opportunamente montate fra loro e arricchite con elementi descrittivi e didattici che evidenziano soprattutto gli aspetti geomorfologici. Il tutto è stato completato con la toponomastica e con le foto dei soggetti più caratteristici o interessanti (i coni di fango, i calanchi, le strutture di visita della Riserva, etc.). Il video sarà disponibile presso il Centro Visite Ca' Tassi, la sede dell'Ecomuseo Ca' Rossa e su Internet in quanto lo scopo è quello di "accompagnare" in maniera accattivante il visitatore in un vero e proprio tour virtuale guidato dell'area protetta, facilitando la lettura del territorio.

Abstract

The Regional Natural Reserve of Salse di Nirano is located in the low hill territory of the Modena Apennine, about 30 kilometers from Modena. The Reserve, visited yearly by about 50,000 people, was established in 1982 and its characteristic element are the so-called "Salse". They are emissions of cold mud up to the surface through faults and fractures, due to the ascent of salty and muddy water mixed mainly with gaseous (methane) and secondly with fluid hydrocarbons (petroleum veils). Depending on the density of the mud, at the surface it can be observed cones or pools at ground level. The products described below have been made for the promotion and the enhancement of the Reserve. The first consists of a three dimensional image, obtained from the 5 m

DTM of the Emilia Romagna Region texturized with the Agea 2008 Digital Orthophoto, in order to let even non-experts to appreciate the particular morphology of the valley where the Salse are located and of the surrounding badlands. The image was published in the Tourist-Environmental Map of the Regional Natural Reserve of Salse di Nirano characterized also by a Geotourist map that combines the most evident geological and geomorphological aspects with basic tourist information. In addition, it was made a short video based on scenes of a virtual flight on the territory of the Reserve (fly-through) obtained by using ESRI ArcScene, properly assembled and enriched with descriptive and didactical elements that highlight the mainly geomorphological aspects of the area. Everything has been completed with the toponyms and some pictures of the most distinctive or interesting subjects (the mud ejection points, the badlands, the Reserve's facilities, etc.). The video will be available at the Visitor Centre, at the Ecomuseum headquarters and on the Internet with the aim to "accompany" visitors in an engaging virtual guided tour to the protected area, facilitating the understanding of the landscape.

La Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano

La Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano è situata nella bassa collina dell'Appennino modenese a circa 30 Km da Modena. Si estende nel territorio comunale di Fiorano Modenese per 207 ettari ed è compresa fra i 140 e i 308 m di quota. Appartiene al bacino idrografico del F. Secchia e i suoi corsi d'acqua principali sono il Rio Chianca, il Rio Serra e il Rio delle Salse. Nasce nel 1982 come prima riserva dell'Emilia Romagna, istituita con l'obiettivo di conservare le caratteristiche vegetazionali e geologiche dell'area. La sua attrazione principale sono le cosiddette "Salse", emissioni di acqua fangosa e salata frammista a idrocarburi. Nel cuore della Riserva, dove sono ubicate per l'appunto le salse, vige un regime di tutela a protezione integrale che prevede norme ambientali più restrittive. Nel 2004 la Commissione Europea la dichiara Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi della direttiva Habitat, includendo anche i calanchi limitrofi (per un totale di ca. 371 ha). Il riconoscimento è dovuto alla presenza di habitat prioritari e di specie rilevanti per la tutela della biodiversità. Dei sette habitat di interesse comunitario individuati, tre sono considerati prioritari come la prateria alofila continentale a *Puccinellia fasciculata*. Si tratta dell'unica stazione regionale dell'entroterra di questa graminacea, che cresce vicino ai coni delle salse dove il grado di salinità non permette ad altre piante di attecchire. La peculiarità del fenomeno delle salse fa della Riserva un geosito di interesse geomorfologico e idrogeologico importante per la tutela della geodiversità e del Patrimonio Geologico del nostro Paese. La sua valenza non è solo scientifica ma anche e soprattutto geoturistica, escursionistica e divulgativa. La Riserva, la cui gestione dal 2006 avviene in maniera coordinata fra il Comune di Fiorano Modenese e la Provincia di Modena, è inoltre inserita in un contesto ad alto valore geologico comprendente i Calanchi del Rio del Petrolio dove affiorano marne fossilifere; anche qui avvengono emissioni naturali di idrocarburi, sfruttate sin dal XV secolo per scopi terapeutici.

Il fenomeno delle Salse e l'ambiente geologico della Riserva

Le salse sono delle emissioni di fango freddo prodotte dalla risalita in superficie di acqua salata e fangosa frammista ad idrocarburi principalmente gassosi (metano) ed, in piccola parte, liquidi (petrolio) lungo faglie e fratture del terreno che caratterizzano il margine appenninico. Il nome "Salsa" dipende dall'alto contenuto di sale delle acque fangose, la cui origine è da collegarsi alla presenza del mare che occupava l'attuale Pianura Padana sino a circa un milione di anni fa. La forma degli apparati di emissione dipende dalla densità della melma; se densa si hanno "coni" di varia altezza (singoli, doppi o multipli; Fig. 1), se liquida si hanno "polle" a livello del terreno (Fig. 2). I coni e le polle hanno rispettivamente altezze e diametri variabili da vari decimetri ad alcuni metri. La morfologia delle salse è in continua evoluzione con nuove bocche che si aprono ed altre che cessano la loro attività. In totale si possono individuare quattro gruppi di apparati lutivomi "a

cono” e tre “a polla”. Il materiale emesso dalle salse ricopre il terreno circostante con colate di fango. Le salse sono ubicate sul fondo di una depressione sub-circolare simile ad una caldera anche se non si tratta di un fenomeno vulcanico. Bertacchini et al. (1999) spiegano la genesi della conca che ospita le salse come il risultato di un progressivo collasso gravitativo per il continuo svuotamento di fango emesso dagli apparati lutivomi. Un'altra ipotesi è che tale depressione sia il risultato di un collasso per gravità in corrispondenza di un "diapiro" al termine o in una fase di stasi della sua attività di sollevamento (Castaldini et al., 2005 e 2007). L'ipotesi più recente, formulata da Bonini (2008a; 2008b), è che la depressione di Nirano si sia formata per collasso della copertura legato al degassamento e all'emissione di fango e di fluidi.

Conosciuto e studiato con interesse fin dall'epoca romana, a partire da Plinio il Vecchio nel 50 d.C., dal XIX secolo ha attirato l'attenzione di ricercatori di varie discipline (es. Stoppani, 1873; Coppi 1875) e, nel campo di Scienze della Terra, è stato oggetto di studi anche molto recenti (es. Accaino et al., 2007; Bonini 2008a; Bonini 2008b).

Da un punto di vista geolitologico, nella Riserva affiorano argille di origine marina databili da 5 a 1 milioni di anni fa (Pliocene Inf. – Pleistocene Inf.) riferibili alla Formazione delle Argille Azzurre (FAA). Strutturalmente, la zona delle salse è posta al culmine di una blanda anticlinale (Gasperi et al., 2005) e il territorio dell'area protetta è caratterizzato da due sistemi di faglie e/o fratture, ortogonali tra loro, la cui presenza è deducibile dagli elementi morfologici (Castaldini et al., 2007). L'allineamento degli apparati lutivomi, disposti lungo la direzione NE-SW, evidenzia il sistema principale di faglie e fratture che interessa l'area. Il sistema secondario, parallelo all'asse dell'anticlinale, denota al contrario una direzione NW-SE. Quasi ovunque all'interno e all'esterno della Riserva, si possono osservare i calanchi, una delle più spettacolari morfologie dei terreni argillosi dell'Appennino; essi sono caratterizzati da un reticolo idrografico ad alta densità con creste sottili che separano impluvi con colate sul fondo. In questo contesto, le frane sono ampiamente diffuse e in gran parte attive. In pratica, oggi, l'evoluzione dei versanti calanchivi avviene in molte aree della Riserva anche, e soprattutto, a causa delle frane che provocano un rapido arretramento della testata dei calanchi, con conseguente assottigliamento delle creste che separano calanchi ubicati su versanti opposti e colmano gli impluvi con i loro depositi argillosi (Castaldini, 2009).



*Figura 1 – Gruppo di coni lutivomi,
Foto D. Castaldini.*



*Figura 2 – Salsa a polla con tracce di petrolio
(in marrone), Foto L. Callegari.*

La valorizzazione turistica dell'area

Fin dalla sua istituzione, la Riserva ha promosso iniziative volte a valorizzare l'area dal punto di vista turistico, accogliendo singoli visitatori, comitive e soprattutto scolaresche con un nutrito programma di attività. Nell'ultimo decennio i visitatori sono passati da 30.000 a 50.000 all'anno. I sentieri e i percorsi tematici attrezzati (uno per diversamente abili), la cartellonistica e due centri per visitatori (Ca' Tassi e Ca' Rossa) rendono l'area fruibile a tutti, supportando le iniziative di

educazione ambientale. Il Centro Visite Ca' Tassi, il primo ad essere inaugurato, è una struttura polivalente che ospita il museo naturale ed ornitico, oltre a strumenti didattici convenzionali e multimediali (pannelli descrittivi, giochi interattivi e bacheche didattiche). Qui si trovano un *auditorium*, una sala convegni, strutture di accoglienza (punto ristoro, sale di consultazione, area picnic esterna), nonché un laboratorio di ricerca e sperimentazione per le scuole e una biblioteca. Il suo restauro è avvenuto alla fine degli anni '90 con la volontà di rispettare l'identità storica, culturale e architettonica del complesso rurale già di proprietà del Comune di Fiorano. Sono state quindi impiegate materie prime e tradizioni costruttive di un tempo, affiancate alle tecniche della moderna bioedilizia. Con il suo impianto fotovoltaico da 4kW di potenza nominale, Ca' Tassi è il primo centro visite della Regione Emilia Romagna energeticamente autonomo. Nel 2010 è stata inaugurata Ca' Rossa, un complesso rurale ottocentesco recentemente restaurato con gli stessi dettami della tradizione e della bioarchitettura, divenuto sede dell'Ecomuseo, quindi del museo del territorio. Al suo interno attraverso pannelli, fotografie, interviste filmate, attrezzi e documenti vengono rievocate le tradizioni del passato, quelle enogastronomiche e le attività ludiche di un tempo. A questo si aggiunge il mini-frantoio utilizzato dai locali per la molitura delle olive di Nirano.

Carta Turistico-Ambientale e ricostruzione 3D del territorio della Riserva

Dopo la pubblicazione di una prima Carta Turistico-Ambientale della Riserva (Barozzini et al., 2004), nel 2011 ne è stata realizzata una nuova edizione (Castaldini et al., 2011).

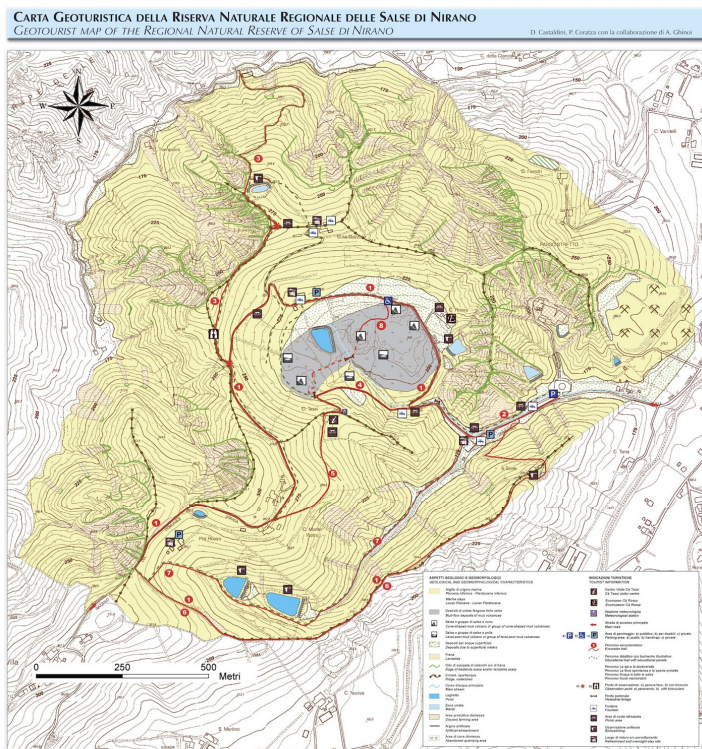


Figura 3 – Carta Geoturistica, documento caratterizzante la nuova Carta Turistico-Ambientale della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano (Castaldini et al., 2011).

La nuova Carta, che contiene numerosi aggiornamenti rispetto all'edizione del 2004, è ideata per accompagnare il visitatore nella lettura e nell'interpretazione del paesaggio e dell'ambiente della Riserva. In concreto si tratta di un pieghevole tascabile, stampato fronte/retro, con note illustrative sintetiche in italiano e in inglese, i cui elementi caratterizzanti sono una Carta Geoturistica (Fig. 3) e un'immagine ad effetto 3D del territorio della Riserva. La Carta Turistico-Ambientale nel suo insieme fornisce al visitatore, oltre alle indicazioni relative agli aspetti geologico-geomorfologici, anche informazioni su flora e fauna, turistiche generali, sui percorsi didattici ed escursionistici, sulle strutture di visita, sulle norme comportamentali da tenere all'interno dell'area protetta. La Carta Geoturistica, stampata sul fronte del pieghevole, coniuga i più evidenti aspetti geologico-geomorfologici con le informazioni turistiche fondamentali. Elaborata in ambiente ESRI ArcGIS dai rilievi originali degli autori, indica, con una simbologia e un linguaggio semplificati adatti anche al visitatore meno esperto, la litologia predominante, la localizzazione delle salse, le frane, i laghetti e le zone umide, nonché i tematismi turistici veri e propri con la classica simbologia (centri visite, fontana, punto per il *birdwatching* o di osservazione, sentieri e percorsi tematici, parcheggi, ecc.). La base topografica è la Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Emilia Romagna in scala 1:5.000.

Elemento caratteristico del retro della nuova Carta Turistico-Ambientale (Castaldini et al., 2011), che la distingue dalla vecchia edizione, è un'immagine ad effetto 3D (Fig. 4), che risulta particolarmente realistica, tesa a far comprendere meglio gli aspetti morfologici della Riserva e i rapporti spaziali fra gli elementi territoriali citati nella parte descrittiva e illustrati nella Carta Geoturistica. Il tutto è corredato da una breve nota illustrativa che con un linguaggio divulgativo mette in evidenza oltre agli aspetti geomorfologici (calanchi, conca delle salse) anche la tecnica con cui è stata ottenuta la ricostruzione tridimensionale che l'utente finale, essendo non esperto, potrebbe interpretare come una vera ripresa aerea.

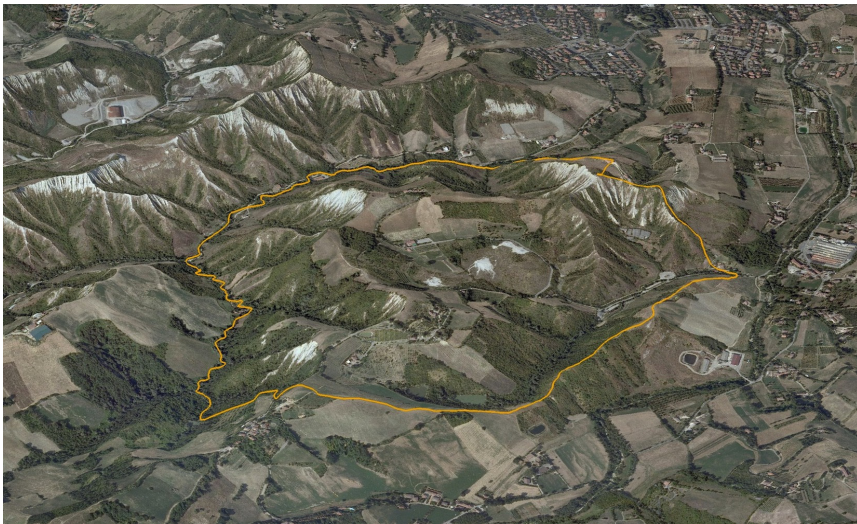


Figura 4 – Originale dell'immagine ad effetto 3D edita sul retro della nuova Carta Turistico-Ambientale della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano (Castaldini et al., 2011).

L'immagine è stata ottenuta a partire dal DTM (*Digital Terrain Model*) passo 5 m della Regione Emilia Romagna elaborato in ambiente ESRI ArcGIS per predisporre il TIN (*Triangulated Irregular Network*) da trattare successivamente all'interno di ArcScene. Trattandosi di un territorio collinare, i dislivelli all'interno dell'area protetta non sono eccessivi; si è quindi ritenuto opportuno applicare un fattore di esagerazione (1,5) per la quota altimetrica (asse z). Per un effetto più

realistico, è stato necessario "rivestire" la ricostruzione 3D così ottenuta con le Ortofoto Multifunzionali AGEA del 2008. Nella prima edizione della Carta Turistico-Ambientale (Barozzini et al., 2004) era presente un DTM ottenuto a partire dalla citata CTR 1:5.000 della Regione Emilia Romagna, ma la ricostruzione tridimensionale pubblicata era priva di drappeggio con le ortofoto. Con il nuovo prodotto, particolare attenzione è stata riposta anche nell'orientazione del modello 3D, per ottenere un effetto prospettico complessivo che dia a chi lo legge la sensazione di essere nel punto di osservazione dal quale meglio interpretare la morfologia dell'area. L'orientamento del 3D rispecchia abbastanza fedelmente quello della Carta Geoturistica (Fig. 3); ciò facilita il confronto e l'interpretazione congiunta dei due documenti. L'effetto tridimensionale che risulta da tutte queste operazioni facilita la comprensione delle forme del territorio e in particolare lascia ben apprezzare la conca sub-circolare in cui sono ubicate le salse (il cosiddetto "Campo delle Salse" al centro dell'immagine) e gli interessanti esempi di calanchi; questi ultimi si sviluppano sia all'interno dell'area protetta che nell'area esterna che fa comunque parte del SIC "Salse di Nirano". Inoltre, l'immagine in oggetto (Fig. 4) mette in evidenza l'allineamento degli apparati lutuvomi che appaiono al centro della conca come tre chiazze chiare, impostati lungo faglie e/o fratture, allineamento che si può seguire anche al di fuori della conca considerando altri elementi morfologici. Il confine della Riserva è evidenziato in giallo-ocra e si è preferito sovrapporre all'originale di Fig. 4, in fase di redazione definitiva, pochi toponimi essenziali alla comprensione dell'orientamento spaziale dell'immagine per non disturbarne la lettura. I dati di base che hanno permesso la successiva elaborazione della ricostruzione 3D (DTM e Ortofoto) sono stati gentilmente messi a disposizione dal Servizio Pianificazione Urbanistica e Cartografia della Provincia di Modena.

Volo virtuale sulla Riserva e modello 3D "navigabile"

Come naturale prosecuzione del lavoro iniziato con la nuova edizione della Carta Turistico-Ambientale (Castaldini et al., 2011) è stato realizzato anche un breve video (di cui sono riportati quattro fotogrammi in Fig. 5) basato su alcune scene di volo virtuale (*fly-through*) sul territorio della Riserva per ottenere le quali sono stati ancora una volta utilizzati il DTM passo 5 m e le Ortofoto AGEA 2008 (v. sopra).



Figura 5 – Alcuni fotogrammi del filmato del volo virtuale sulla Riserva

Le scene, elaborate in ambiente ESRI ArcGIS (ArcScene), sono state successivamente montate fra loro con un *software* per il montaggio video diffuso e di facile utilizzo (Apple iMovie). Quest'ulteriore passaggio ha permesso un'alta personalizzazione del prodotto finale. Infatti, al video costituito dalla sequenza delle scene adeguatamente selezionate e tagliate sono stati aggiunti: una "copertina" di introduzione con il titolo e con una foto suggestiva dei coni delle salse; i toponimi ed altre scritte esplicative con effetto a comparsa/scomparsa; il confine della Riserva per meglio inquadrarne l'estensione e i titoli di coda con *credits* e ringraziamenti.

Un elemento del tutto nuovo, rispetto a precedenti esperienze simili, sono le usuali fotografie riprese da terra che appaiono con effetto *Ken Burns* nel momento più opportuno dando all'osservatore quasi l'impressione di atterrare sulla Riserva per vedere da vicino i suoi elementi caratteristici. Queste ultime ritraggono gli apparati lutivomi a cono e a polla (es. figg. 1 e 2), i calanchi, le strutture di visita della Riserva, etc. e sono talvolta corredate da suoni ambientali registrati sul terreno (es. il gorgoglio dei fanghi delle salse), elemento che conferisce particolare realismo a tutto il filmato. L'aggiunta di una musica di sottofondo e il montaggio delle scene precedentemente registrate in ArcScene, che permette da una parte di ottenere più facilmente l'effetto finale voluto, dall'altra di cambiare all'occorrenza il punto di osservazione, rende più accattivante la sequenza video suscitando l'interesse dell'osservatore. Il filmato è organizzato seguendo l'idea che un ipotetico visitatore giunga alla Riserva delle Salse di Nirano provenendo da Modena che rappresenta il maggior bacino di utenza dell'area protetta. Ogni passaggio del video è stato perfezionato grazie alla preziosa e stretta collaborazione con la direzione della Riserva. Inizialmente, l'obiettivo era quello di illustrare il territorio della Riserva e i suoi elementi più interessanti; si trattava sostanzialmente di un aggiornamento del volo virtuale già realizzato per un CD multimediale contenente anche testi, galleria foto e video disponibile anche sul *web* e prodotto nel 2007 in occasione del 25° anniversario della Riserva (Castaldini et al., 2007). Questo primo volo virtuale era stato elaborato con le Ortofoto del Programma IT 2000 della CGR di Parma. Quindi si prevedeva di inserire nell'aggiornamento del volo virtuale pochi elementi di novità. Nel corso del lavoro però, grazie anche alle nuove dotazioni *hardware* e *software*, è stato deciso di dare al filmato un taglio più didattico per farne un mezzo di divulgazione della geologia e della geomorfologia della Riserva, uno strumento che facilitasse la lettura del territorio e del paesaggio partendo dal perché di certe morfologie. Un accorgimento in tal senso è stato quello di sottolineare

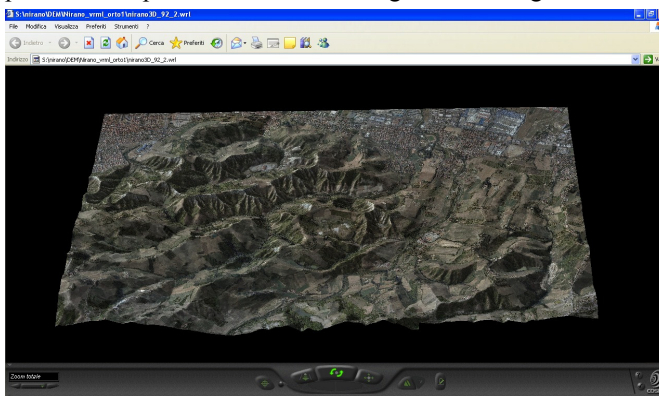


Figura 6 – Scena 3D “navigabile” in linguaggio VRML, leggibile con il browser (nell'esempio Internet Explorer) grazie all'installazione di un plugin (nell'es. Cosmo Player).

con simboli e sovrassegni tipici delle carte geologiche e geomorfologiche corredate da scritte esplicative, le principali morfologie e le strutture tettoniche (es. orlo dei calanchi, frane, discontinuità tettoniche lungo cui sono allineati i coni). Il video sarà a disposizione dei visitatori della Riserva presso le strutture di visita precedentemente citate (Ca' Tassi e Ca' Rossa) e ne è prevista anche la diffusione attraverso Internet.

Da ultimo, la scena 3D realizzata per la Riserva con ArcScene è stata anche esportata in linguaggio VRML (*Virtual Reality Modeling*

Language) grazie al quale è possibile riaprirla e “navigarla” con un comune *browser* per Internet (es. Internet Explorer) cui viene aggiunto un *plugin* di facile reperimento (es. Cosmo Player o Cortona). Un esempio è quello di Fig. 6. Lo si può anche visualizzare e navigare con altri VRML

viewer (client) di tipo *standalone*. Grazie ai comandi messi a disposizione dal *viewer* utilizzato (i *viewer* si differenziano fra loro non solo per come gestiscono la navigazione, ma anche per il modo in cui rendono una stessa scena), come *zoom*, *pan*, *rotate*, *tilt*, etc., l'utente può esplorare a proprio piacimento il modello che rappresenta la Riserva, reso piuttosto realistico dalla *texture* ottenuta con le ortofoto a colori, come per i mondi virtuali dei videogiochi. In questo modo, rispetto al video presentato in precedenza che si configura come una visita guidata virtuale, si realizza una sorta di visita sempre virtuale ma "libera", in quanto il punto di osservazione e il percorso di esplorazione diventano quelli scelti dall'utente e non da chi realizza il prodotto. Per dare comunque dei riferimenti all'utente, il prodotto è stato personalizzato modificando il file VRML creato con ArcScene e aggiungendo alcuni "Viewpoint" o "punti di vista" (per es. *Zoom* totale, *Zoom* Riserva, *Zoom* Salse) cui si può tornare rapidamente in genere selezionandole da un menu a tendina (dipende dal *viewer* utilizzato). Attualmente sono allo studio altre personalizzazioni che prevedono l'aggiunta di elementi interattivi. A conclusione del lavoro, è prevista l'installazione del modello in VRML sui *computer* di Ca' Tassi, centro visite della Riserva, e Ca' Rossa, sede dell'Ecomuseo del territorio di Nirano, dove sarà a disposizione dei visitatori, soprattutto delle scolaresche e del pubblico più giovane.

Conclusioni

Per facilitare al visitatore la lettura del paesaggio della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano, dove è localizzato il fenomeno pseudo-vulcanico meglio sviluppato di tutto il territorio italiano, sono stati elaborati un'immagine ad effetto 3D, un video basato su alcune scene di volo virtuale sul territorio della Riserva (*fly-through*) e un modello 3D "navigabile". Tutti i prodotti sono stati ottenuti a partire dal DTM passo 5 m della Regione Emilia Romagna e dalle Ortofoto Multifunzionali AGEA 2008 trattate in ambiente ESRI ArcGIS e in particolare con ArcScene.

L'immagine ad effetto 3D (Fig. 3), inserita nella nuova Carta Turistico-Ambientale della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano (Castaldini et. al, 2011), è una ricostruzione tridimensionale ottenuta a partire dal DTM, successivamente rivestita con le ortofoto a colori. Per evidenziare le caratteristiche morfologie della Riserva, inserita in un contesto collinare, è stato applicato un fattore di esagerazione (1,5) per la quota altimetrica (asse z); inoltre, particolare cura è stata riservata all'orientazione del modello con cui è stata prodotta l'immagine.

Il video (di cui sono riportati quattro fotogrammi in Fig. 5) è basato su alcune scene di volo virtuale (*fly-through*), elaborate in ambiente ArcGIS (ArcScene) e opportunamente montate fra loro con iMovie. Un elemento caratterizzante sono le fotografie riprese da terra che inframezzano il volo virtuale, dando l'impressione di atterrare sulla Riserva per osservare da vicino i suoi elementi più interessanti. I testi (toponimi e spiegazioni), dei sovrassegni per illustrare le morfologie, i titoli e l'audio arricchiscono il video e lo rendono uno strumento didattico utile per la comprensione del territorio della Riserva. Il modello 3D "navigabile" consiste nella stessa ricostruzione tridimensionale realizzata per il video di cui sopra, esportata in linguaggio VRML, linguaggio per la modellazione della realtà virtuale. Grazie ai comandi del *viewer* utilizzato (costituito dal *browser* con l'aggiunta di un *plugin* o da un *software standalone*), l'utente può esplorare a proprio piacimento la scena 3D come per i mondi virtuali dei videogiochi (Fig. 6). In questo modo si realizza una sorta di visita virtuale "libera" alla Riserva, in quanto il punto di osservazione e il percorso di esplorazione diventano quelli scelti dall'utente e non da chi realizza il prodotto; questo lo differenzia dal volo virtuale che è invece una sorta di *tour* guidato. In abbinamento al video può costituire un ottimo strumento didattico per coadiuvare le iniziative di educazione ambientale degli operatori della Riserva, soprattutto per quanto riguarda la comprensione dei suoi aspetti geologico-geomorfologici. Entrambi i prodotti saranno disponibili sui *computer* delle strutture di visita della Riserva e, nel caso del video, anche su Internet.

I tre prodotti in oggetto, fanno parte delle iniziative adottate dal soggetto gestore per migliorare la conoscenza, la fruizione e la valorizzazione della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano che nell'ultimo decennio ha aumentato i suoi visitatori da 30.000 a 50.000 all'anno.

Riferimenti bibliografici

- Accaino F., Bratus A., Conti S., Fontana D., Tinivella U. (2007), *Fluid seepage in mud volcanoes of the northern Apennines: an integrated geophysical and geological study*. Journal of Applied Geophysics, 63, 90-101.
- Barozzini E., Bertogna I., Castaldini D., Chiriack C., Dallai D., Del Prete C., Gorgoni C., Ilies D., Sala L., Valdati J. (2004), *Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano. Carta Turistico-Ambientale*, Comune di Fiorano Modenese, Eliofofotecnica Barbieri, Parma.
- Bertacchini M., Giusti C., Marchetti M., Panizza M., Pellegrini M. (a cura di) (1999), *I Beni Geologici della Provincia di Modena*, 104 pp., Artioli Editore Modena.
- Bonini M. (2008a), *Elliptical mud volcano caldera as stress indicator in an active compressional setting (Nirano, Pede - Apennine margin, northern Italy)*. Geology, 36, 131-134.
- Bonini M. (2008b), *I vulcani di fango Emiliani: retrospettiva e prospettive*. Geoitalia, 22, 12- 21.
- Castaldini D., Valdati J., Ilies D.C. & Chiriack C. with contributions by Bertogna I. (2005), *Geo-Tourist Map of the Natural Reserve of Salse di Nirano (Modena Apennines, Northern Italy)*, Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences 18 (1), Volume Speciale, 245-255.
- Castaldini D., Conti S., Conventi M., Dallai D., Del Prete C., Fazzini M., Fontana D., Gorgoni C., Ghinoi A., Russo A., Sala L., Serventi P., Verri D., Barbieri M. (2007), *Le Salse di Nirano*, CD ROM, Enciclopedia Multimediale, Comune di Fiorano Modenese.
- Castaldini D. (2008), *Map and multimedia tool for the environmental tourism in protected areas of the Modena Apennines (Northern Italy)*, GeoJournal of Tourism and Geosites, Year I, no. 1, vol. 1, 2008, pag. 13-33.
- Castaldini D. (2009), *Le forme del paesaggio della Riserva Naturale delle Salse di Nirano (Appennino Modenese)*. In Bertacchini M. (a cura di) "Geobenessere. La Geologia tra Salute e Wellness", Artestampa Ed., Modena, ISBN 978-88-6462-004-6, 40 - 47.
- Castaldini D., Conventi M., Coratza P., Dallai D., Liberatoscioli E., Sala L., Buldrini F. (2011), *Carta Turistico - Ambientale della Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano*, Comune di Fiorano Modenese, Tipolitografia Notizie, Modena, ISBN 978-88-906052-0-8.
- Coppi F. (1875), *Brevi note sulle Salse Modenesi*. Bollettino del R. Comitato Geologico, 7-8, 1-7.
- Gasperi G., Bettelli G., Panini F., Pizziolo M., Bonazzi U., Fioroni C., Fregni P., Vaiani S.C. (2005), *Note Illustrative e Carta Geologia d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n. 219 Sassuolo*, SELCA, Firenze.
- Plinio il Vecchio (ca. 50 d.C.), *Historia Mundi Naturalis*, Book II-85, Einaudi Ed., Torino.
- Stoppani A. (1873), *Il Bel Paese*, Milano, 651 pp.

Riferimenti a siti web

- <http://www.comune.fiorano-modenese.mo.it/Turismo/salse%20nirano/index.htm>
<http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/index.htm>