

2018

# WSL MONO PLOTTING TOOL

MANUALE UTENTE

ISTITUTO FEDERALE DI RICERCA PER LA FORESTA, LA NEVE E IL PAESAGGIO WSL

# SOMMARIO

---

Sommario .....	1
1 Introduzione .....	5
2 Tipi di dati .....	6
2.1 Sistemi di coordinate .....	6
2.2 Mappe GIS georeferenziate .....	6
2.2.1 Mappe pixel (geotiff/jpg/...) .....	6
2.2.2 Ortofoto (geotiff/jpg/...) .....	7
2.3 Modelli digitali del terreno .....	7
2.3.1 DEM .....	7
2.3.2 DOM .....	7
2.3 Documenti georeferenziati MPT .....	7
2.3.1 File mappa file (*.m_map) .....	7
2.3.2 File foto (*.m_photo) .....	7
2.4 Documenti dati MPT .....	7
2.4.1 Documenti dati specifici MPT (*.m_data) .....	7
2.4.2 Shapefile ESRI (*.shp) .....	7
3 Struttura cartelle dati .....	8
3.1 Descrizione generale .....	8
3.2 Percorsi suggeriti .....	8
3.2.1 <MPT data workspace> .....	8
3.2.2 <project> .....	8
4. MPT: utilizzo di base .....	10
4.1 La finestra principale .....	10
4.1.1 Menu principale e barre degli strumenti .....	10
4.1.2 Barra di stato .....	10
4.1.3 Finestra di progetto .....	10
4.1.4 Area di lavoro .....	11
4.2 Configurazione di base .....	11
4.3 Documenti georeferenziati .....	11
4.3.1 Informazioni generali .....	11
4.3.2 Menu e pulsanti relativi a foto e mappe .....	12
4.3.3 Sincronizzazione del cursore .....	13
4.4 Documenti di dati .....	13
4.4.1 Finestra con dati .....	14

4.4.2	Menu e pulsanti relativi ai dati .....	15
4.5	Gestione dati .....	15
4.5.1	Gestione progetto .....	16
4.5.2	Gestione documenti .....	16
4.6	Editore GIS .....	18
4.6.1	Definizione di punti .....	18
4.6.2	Definizione di poligoni e polilinee .....	19
4.6.3	Definizione delle altezze .....	20
4.7	Scambio dati .....	20
4.7.1	Coordinate pixel .....	20
4.7.2	Esportazione di dati .....	22
4.7.3	Importazione di dati .....	24
4.8	Shapefile: trasformazione da coordinate pixel a coordinate reali .....	28
4.8.1	Da coordinate pixel a coordinate reali .....	28
4.8.2	Da coordinate reali a coordinate pixel .....	28
5.	Impostazione di documenti georeferenziati .....	29
5.1	Definizione delle mappe ( <i>m_map</i> ) .....	29
5.1.1	Inserimento delle mappe (raster) GIS .....	29
5.1.2	Inserimento dei DEM .....	30
5.2	Definizione delle immagini ( <i>m_photo</i> ) .....	30
5.2.1	Inserimento delle immagini (foto oblique) .....	30
5.2.2	Inserimento dei DEM .....	30
5.2.3	Inserimento delle (foto) camere .....	31
6.	Calibrazione della camera .....	32
6.1	Finestra di definizione della camera .....	32
6.1.1	Copia dei valori di inizializzazione .....	33
6.1.2	Fissare/liberare i parametri .....	33
6.1.3	Attivazione e disattivazione dei punti di controllo .....	33
6.2	Punti di controllo .....	33
6.3	Parametri della camera .....	33
6.4	Valori iniziali dei parametri .....	34
6.4.1	Posizione della camera .....	34
6.4.2	Centro dell'immagine .....	34
6.4.3	Distanza focale .....	34
6.4.4	Area di lavoro (image work rect) .....	34
6.5	Definizione dei punti di controllo .....	35

6.5.1	A livello del terreno .....	35
6.5.2	Su superfici regolari .....	36
6.5.3	Il problema della gronda.....	36
6.6	Importazione e esportazione dei punti di controllo.....	36
6.7	Calibrazione della camera .....	37
6.8	Valutazione della precisione della calibrazione.....	39
6.8.1	Errore pixel (pixel error) .....	39
6.8.2	Errore angolo (angle error).....	39
6.8.3	Errore raggio (radius error) .....	39
6.8.4	Errore reale 2D e 3D (world 2D and 3D error).....	39
7.	Glossario .....	40
8.	Bibliography.....	41

## TAVOLE

Tabella 1 - Struttura dati suggerita.....	8
---	---

## FIGURE

Figura 1 - Esempio di dati GIS della stessa zona: mappa pixel (sinistra), ortofoto (centro) e DEM con ombreggiatura (destra). (source: swisstopo.ch) .....	6
Figura 2 - Struttura dati MPT.....	9
Figura 3 - Finestra principale all'avvio del programma.....	10
Figura 4 - Finestra principale con documenti geografici: due fotografie oblique e un'ortofoto.....	12
Figura 5 - Finestre con una foto obliqua e una mappa (ortofoto). La mappa può essere tuotata per avere lo stesso orientamento dell'immagine e di conseguenza semplificare notevolmente il confronto (fonte: Schweizer Luftwaffe and swisstopo).....	12
Figure 6 - Finestra principale del MPT con due foto oblique storiche, un'ortofoto e due documenti di dati dell'utente.....	14
Figura 7 - Finestra dati MPT con oggetti di tutti i quattro tipi (sinistra) e finestra shp con un poligono (destra).....	14
Figura 8 - Apertura di un documento.....	17
Figura 9 - Editore GIS: definizione di punti.....	18
Figura 10 - Editore GIS: Definizione di poligoni e polilinee.....	19
Figura 11 - Editore GIS: definizione di altezze.....	20
Figura 12 - Coordinate pixel GIS (ArcGIS, Q-GIS).....	21
Figura 13 - Coordinate pixel Windows (Photoshop, ...).....	21
Figura 14 - Coordinate pixel standard.....	21
Figura 15 - Dialogo con la richiesta degli elementi da esportare.....	22
Figura 16 - Finestra di dialogo per l'esportazione.....	22
Figura 17 - Configurazione dell'esportazione CSV.....	23
Figura 18 - Esportazione in shapefile.....	23
Figura 19 - Importazione di dati da CSV in coordinate pixel.....	24
Figura 20 - Importazione di dati da SHP in coordinate pixel.....	25
Figura 21 - Importazione di dati da CSV in coordinate reali.....	26
Figura 22 - Importazione di dati da SHP in coordinate reali SHP.....	27
Figura 23 - Shapefile: trasformazione da coordinate pixel a coordinate reali.....	28
Figura 24 - Shapefile: trasformazione da coordinate reali a coordinate pixel.....	28
Figura 25 - Definizione di un documento mappa.....	29
Figura 26 - Definizione di un documento immagine.....	30
Figura 27 - Dialogo per la definizione di una nuova camera.....	31
Figura 28 - Definizione della camera.....	32
Figura 29 - Definizione dei punti di controllo.....	35
Figura 30 - Punti di controllo e influenza della regolarità della superficie.....	36
Figura 31 - Effetto gronda sui punti di controllo.....	36
Figura 32 - Finestra di dialogo per l'importazione di punti di controllo.....	37
Figura 33 - Risultati della calibrazione della camera.....	38
Figura 34 - Rappresentazione grafica della procedura di calibrazione nelle finestre geografiche.....	38
Figura 35 - Errori di calibrazione della camera.....	39

# 1 INTRODUZIONE

---

Il Monoplotting Tool (MPT) permette la georeferenziazione di fotografie oblique (terrestri o aeree), che possono quindi essere utilizzate per lo studio quantitativo del paesaggio. Grazie a un modello matematico è possibile combinare l'immagine georeferenziata con il modello digitale del territorio (DEM - Digital Elevation Model), e mettere in relazione ogni punto (pixel) dell'immagine con il corrispondente punto nel mondo reale. In questo modo una fotografia georeferenziata diventa una vera e propria carta geografica tridimensionale.

La prima parte di questo manuale (fino al capitolo 4) si occupa dell'interfaccia utente del programma, e dei dati e delle strutture dati necessari.

La seconda parte (dal capitolo 5) spiega in dettaglio le diverse funzionalità del MPT e il loro utilizzo: il capitolo 5 presenta le funzioni di base e la gestione dati relativa a documenti georeferenziati pronti all'uso; i capitoli 5 e 6 descrivono la procedura per preparare i documenti georeferenziati, come pure il processo per la calibrazione di una fotografia obliqua.

Infine, i termini tecnici più importanti utilizzati nel manuale sono riassunti in un glossario e un'ultima sezione è dedicata alla letteratura.

Alcuni termini e alcune rappresentazioni sono in inglese, per ora la sola lingua disponibile per l'utilizzo del software.

## 2 TIPI DI DATI

Il Monoplotting Tool utilizza sia dati GIS standard che dati specifici al MPT.

I dati GIS standard includono dati vettoriali e *raster*. Per raster si intendono dati in formati immagine, come carte nazionali, ortofoto e modelli del territorio, nei quali ogni pixel contiene l'informazione relativa alla coordinata corrispondente (colore, altitudine, ...). I dati vettoriali sono per contro rappresentati da strutture matematiche che corrispondono a oggetti discreti quali confini amministrativi, edifici, biotopi, ...

I documenti specifici MPT si distinguono in documenti georeferenziati (*m\_map* and *m\_photo*) e documenti di dati (*m\_data* and *shp*). Le immagini oblique (terrestri o aeree) giocano un ruolo centrale e rappresentano il vero valore aggiunto del MPT rispetto a altri software GIS.

Nel MPT le fotografie oblique georeferenziate/calibrate e i dati GIS standard sono sincronizzati e collegati al DEM: la coordinata tridimensionale corrispondente alla posizione del mouse viene simultaneamente mostrata su tutti i documenti georeferenziati.

### 2.1 SISTEMI DI COORDINATE

Il Sistema di coordinate deve essere lo stesso per tutt le mappe e i DEM georeferenziati di un progetto MPT, e deve essere un sistema di coordinate proiettato ortogonale.

### 2.2 MAPPE GIS GEOREFERENZIATE

Le mappe georeferenziate sono file raster provvisti sin un sistema di riferimenti. Il sistema di riferimento permette di risalire alle coordinate geografiche X e Y di ogni punto del raster. Nel MPT le mappe GIS georeferenziate vengono utilizzate per la georeferenziazione delle foto oblique.

Quando possibile si raccomanda di generare le *piramidi* in un Sistema GIS (ArcGIS, QGIS, ...), poiché il MPT è in grado di utilizzare le piramidi ma non di generarle.

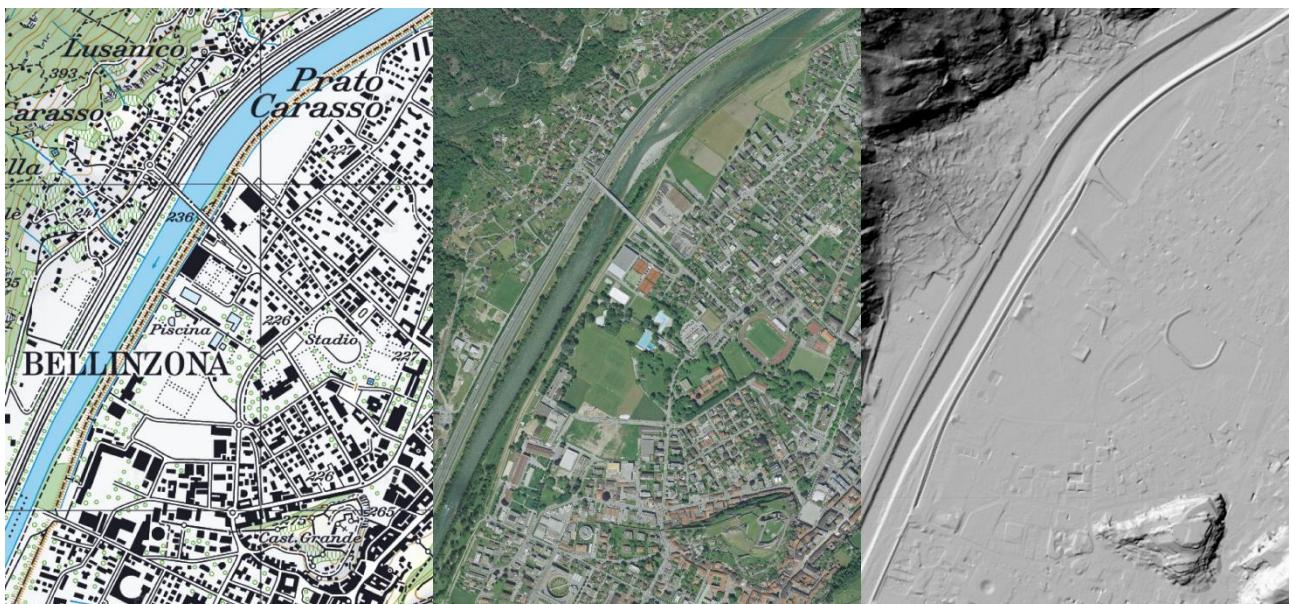


Figura 1 - Esempio di dati GIS della stessa zona: mappa pixel (sinistra), ortofoto (centro) e DEM con ombreggiatura (destra). (source: [swisstopo.ch](http://swisstopo.ch)).

#### 2.2.1 Mappe pixel (geotiff/jpg/...)

Le *mappe pixel* (*raster*) sono mappe digitali georeferenziate in formato immagine (pixel). Ogni pixel contiene l'informazione relativa all'immagine (copertura del suolo) e alla posizione spaziale (coordinate X/Y).

### 2.2.2 Ortofoto (geotiff/jpg/...)

L'ortofoto è una fotografia aerea digitale georeferenziata. In generale si consiglia l'uso delle ortofoto, poiché più precise e semplici da utilizzare rispetto alle mappe pixel

## 2.3 MODELLI DIGITALI DEL TERRENO

I modelli digitali del terreno sono file georeferenziati che per ogni punto presentano la coordinata Z per la terza dimensione (altitudine). Si distinguono due tipo di modelli del terreno: il DEM e il DOM.

### 2.3.1 DEM

Il DEM (Digital Elevation Model) descrive la superficie del terreno, senza vegetazioni e costruzioni antropiche.

### 2.3.2 DOM

Il DOM (Digital Surface Model) descrive pure la superficie del terreno, ma al contrario del DEM vengono considerate anche la vegetazione e le costruzioni antropiche. L'uso del DOM è utile in presenza di zone particolarmente edificate.

## 2.4 DOCUMENTI GEOREFERENZIATI MPT

I documenti georeferenziati del MPT (*m\_map* and *m\_photo*, vedi cap. 4.3) sono dati raster che permettono di determinare le coordinate tridimensionali di ogni punto dell'immagine.

### 2.4.1 File mappa file (\*.*m\_map*)

Il formato *m\_map* comprende le mappe georeferenziate (mappe pixel e/o ortofotos) con coordinate planari (*\map*) combinate con il DEM (*\dtm*).

### 2.4.2 File foto (\*.*m\_photo*)

Il formato *m\_photo* contiene the link alla fotografia obliqua georeferenziata (*\img*), i dati della calibrazione (\*.cmr file) e il DEM (*\dtm*).

## 2.5 DOCUMENTI DATI MPT

I documenti dati MPT (*m\_data* and *shp*) sono dati GIS vettoriali tridimensionali definiti e/o gestiti dall'utente.

### 2.5.1 Documenti dati specifici MPT (\*.*m\_data*)

Nel formato MPT *m\_data* tutti gli elementi geografici quali poligoni, polilinee, punti e altezze possono essere creati, importati o esportati, misurati e memorizzati. Contrariamente al formato *shp*, tutti i tipi di oggetto possono essere presenti nello stesso file.

### 2.5.2 Shapefile ESRI (\*.*shp*)

I shapefile ESRI (X, Y, Z coordinates) possono rappresentare poligoni, polilinee o punti. Contrariamente al formato *m\_data*, un shapefile ESRI può contenere solo un tipo di elemento geografico. I shapefile possono essere utilizzati correttamente nel MPT solo se contengono anche la coordinata Z.

### 3 STRUTTURA CARTELLE DATI

Questo capitolo descrive la struttura delle cartelle dove organizzare i dati utilizzati nel MPT. Si tratta di un suggerimento, ma ogni utente può organizzare i dati secondo le proprie necessità.

#### 3.1 DESCRIZIONE GENERALE

La struttura di cartelle prevista dal MPT consiste in una cartella principale (MPT data workspace), che contiene tutti i progetti e i documenti (vedi cap. 4). Questa cartella principale contiene le cartelle di progetto, a loro volta suddivise nelle sottocartelle data, dtm, img and map. La struttura viene descritta nella Tabella 1 - Struttura dati suggerita.

, mentre la Figura 2 illustra la disposizione dei diversi file MPT, discussi più in dettaglio nel capitolo 5.

#### 3.2 PERCORSI SUGGERITI

Nel MPT la struttura dati può in linea di massima essere definita a discrezione dell'utente. Tuttavia si raccomanda l'uso della struttura qui presentata, organizzando i file secondo la loro origine e le loro caratteristiche.

<i>Workspace</i>	<i>Description</i>	<i>Data type</i>
MPT/ MPT data workspace project folder	.\	MPT georeferenced map documents m_map
	.\	MPT georeferenzierte photo documents m_photo
	.\data	MPT 3D vector data documents (points, polygons, polylines and heights), created or imported in MPT m_data shp
	.\dtm	Digital elevation models (DEM and/or DOM) tif
	.\map	Georeferenced GIS raster data (maps and/or orthophotos with planar coordinates)
	.\img	Oblique images to be georeferenced, and corresponding camera calibration data (*.cmr) tif, png, jpg, ... cmr

Tabella 1 - Struttura dati suggerita.

##### 3.2.1 <MPT data workspace>

I percorsi dei dati vengono salvati relativamente al percorso della cartella del progetto, se si trovano sotto questa cartella; altrimenti vengono salvati relativamente al percorso del *MPT data workspace*, in modo da facilitare lo scambio di dati fra utenti o computer diversi.

La Figura 2 mostra la struttura di cartelle suggerita con i relativi contenuti.

##### 3.2.2 <project>

La cartella del progetto contiene i dati del progetto stesso, quali i documenti MPT georeferenziati (*m\_map* e *m\_photo*) e i documenti con i dati (*m\_data* e *shp*). Le sottocartelle con i documenti MTP e i dati GIS base sono:

###### 3.2.2.1 *data*

Cartella con i documenti con i dati (*m\_data* and *shp*).

### 3.2.2.2 *dtm*

Cartella con i modelli del territorio utilizzati nel progetto (generalmente un DEM in formato TIF).

### 3.2.2.3 *map*

Cartella con le mappe raster utilizzate nel progetto (generalmente file di mappe pixel di dimensioni ridotte). I file più grandi come le ortofoto possono essere memorizzati in una cartella comune, così da poter essere utilizzati in più progetti senza dover essere copiati ogni volta nella rispettiva cartella di progetto.

### 3.2.2.4 *img*

Cartella con le fotografie oblique usate nei file *m\_photo*; se un progetto utilizza più immagini si raccomanda di salvare ogni immagine in una sottocartella separata.

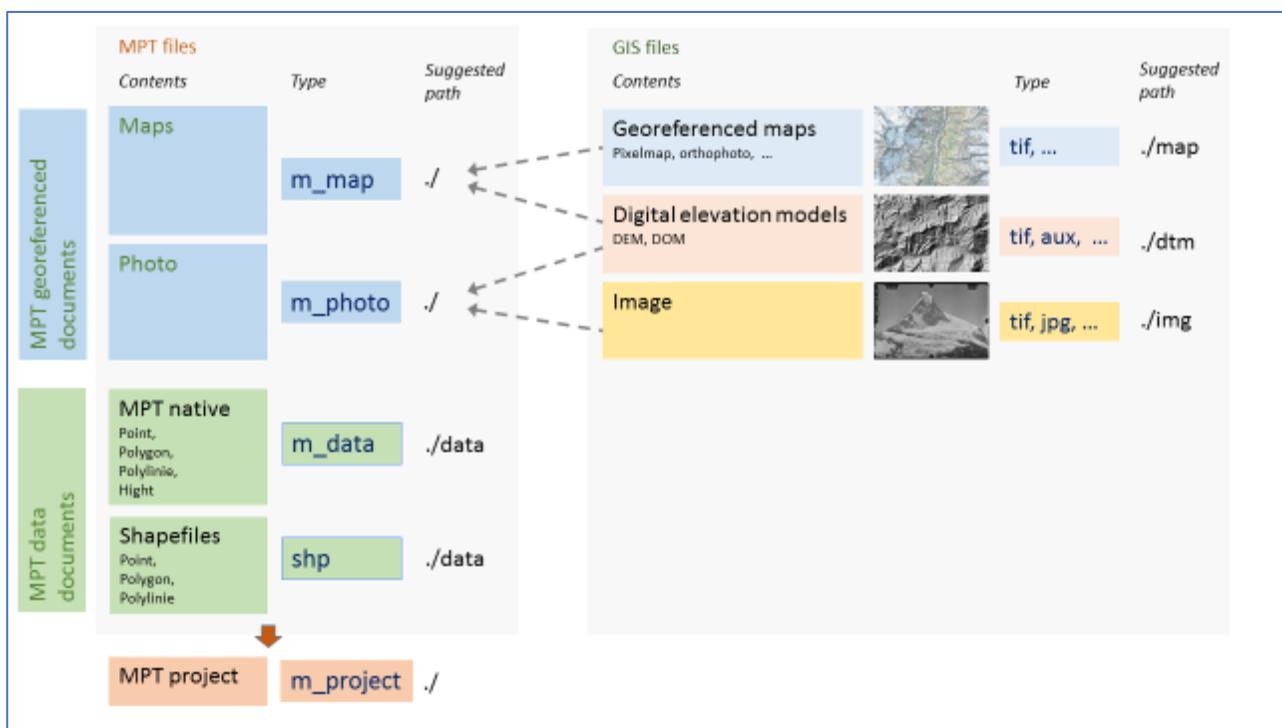


Figura 2 - Struttura dati MPT.

## 4. MPT: UTILIZZO DI BASE

I documenti relativi a un progetto MPT vengono salvati in un file di progetto (\*.m\_project); riaprendo il progetto i documenti vengono ripristinati nell'ultima configurazione salvata.

Un progetto può in linea di massima utilizzare un numero qualsiasi di documenti (il limite dipende dall'hardware in uso). Ogni documento può essere utilizzato in diversi progetti MPT.

In questo capitolo viene mostrato l'utilizzo di base, più precisamente la gestione e l'uso di documenti geografici già calibrati nel MPT (*m\_maps* and *m\_photos*). La creazione e la georeferenziazione/calibrazione di questi documenti viene spiegata nei capitoli 5 e 6.

### 4.1 LA FINESTRA PRINCIPALE

All'avvio del programma si apre la finestra principale.

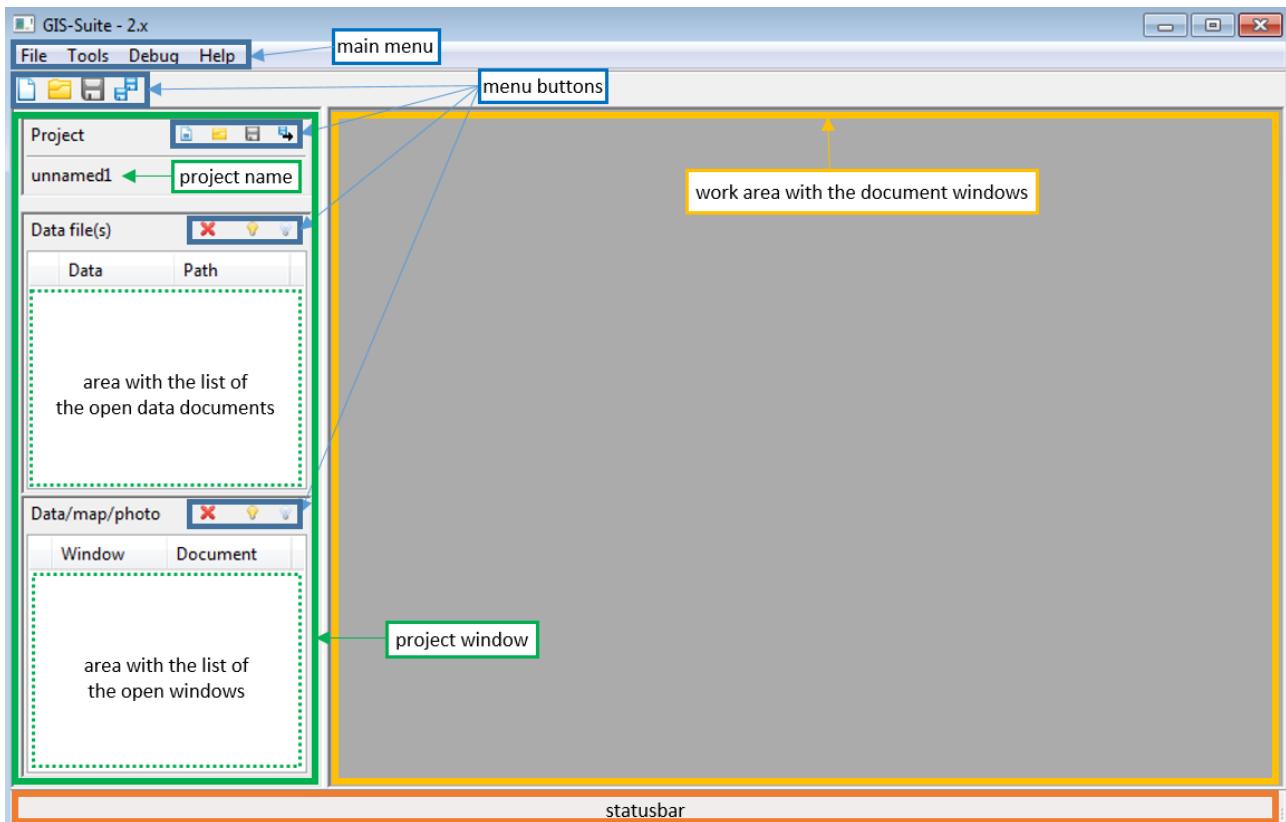


Figura 3 - Finestra principale all'avvio del programma.

#### 4.1.1 Menu principale e barre degli strumenti

Il menu principale e le barre degli strumenti con i diversi pulsanti danno accesso ai comandi disponibili. Ai comandi più importanti corrisponde un pulsante, così da non dover continuamente cercare nei diversi menu.

#### 4.1.2 Barra di stato

La barra di stato mostra informazioni sullo stato corrente del programma (in particolare suggerimenti relativi ai menu), come pure le coordinate corrispondenti alla posizione corrente del mouse.

#### 4.1.3 Finestra di progetto

La finestra di progetto presenta il nome del progetto, la lista dei documenti con dati aperti e la lista delle finestre in uso. Ci sono inoltre i comandi per la gestione dei progetti ((new/open/save, vedi 4.5.1).

#### 4.1.4 Area di lavoro

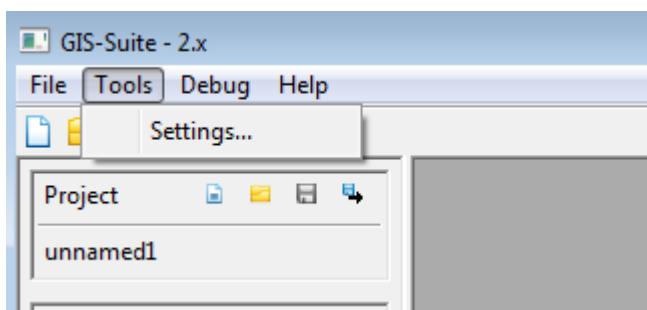
Nell'area di lavoro si trovano le finestre con i documenti aperti e in uso.

### 4.2 CONFIGURAZIONE DI BASE

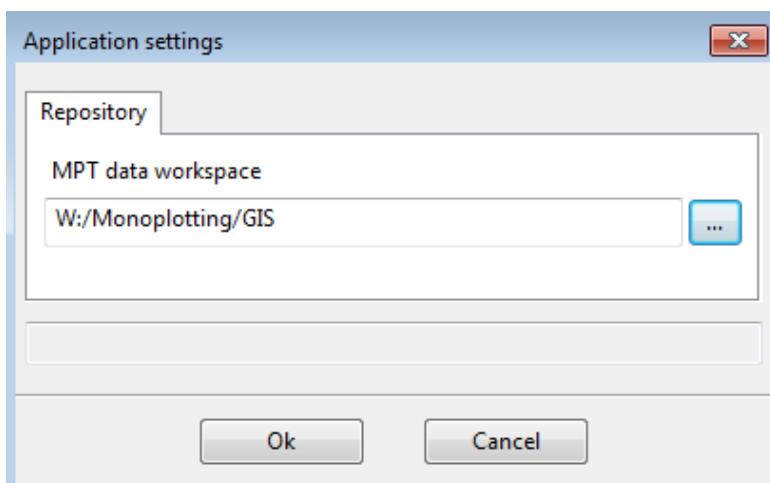
Al primo avvio del programma è importante definire alcune configurazioni di base.

Attualmente il *MPT data workspace* è l'unica definizione richiesta (vedi cap. 3.2.1).

Accedere al menu *Tools->Settings...*:



Selezionare la cartella desiderata e premere *Ok*:



### 4.3 DOCUMENTI GEOREFERENZIATI

#### 4.3.1 Informazioni generali

I documenti georeferenziati sono file raster che contengono e forniscono informazioni relative a una particolare zona; comprendono mappe (mappe standard GIS, *m\_map*, vedi cap. 2.4.1), e documenti imagine (fotografie oblique, *m\_photo*, vedi cap. 2.4.2).

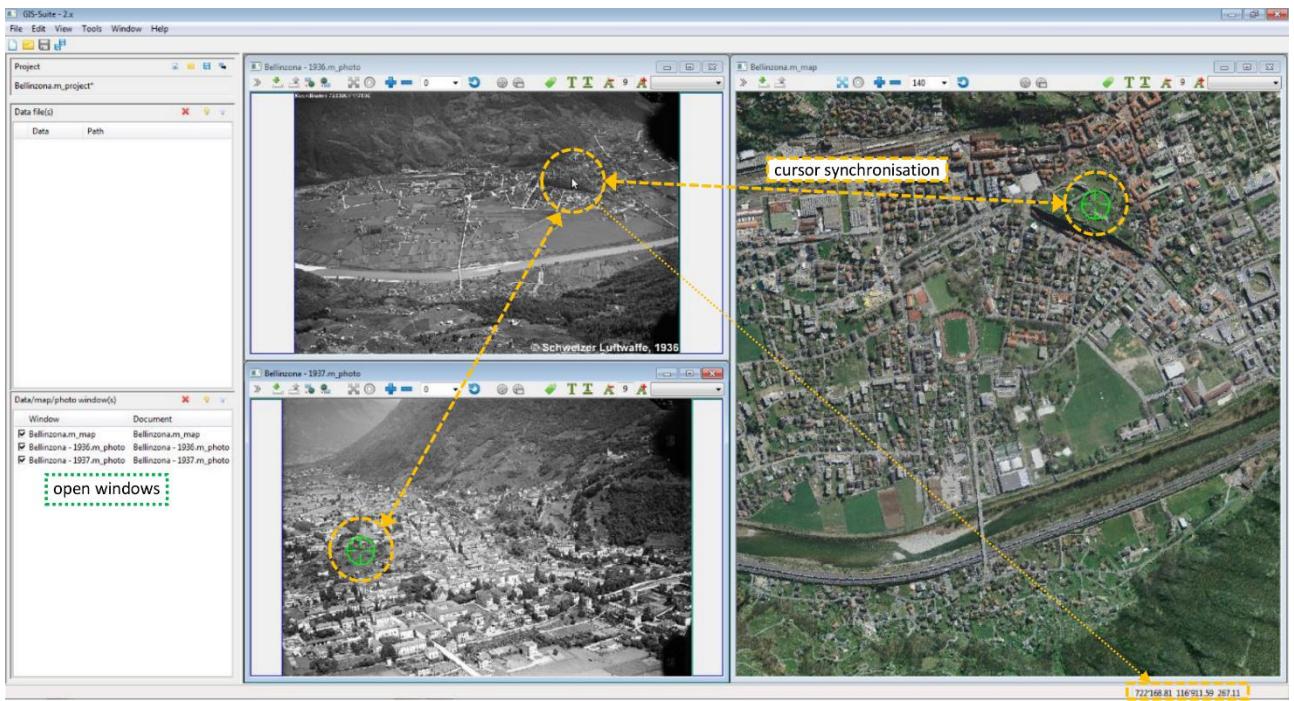


Figura 4 - Finestra principale con documenti geografici: due fotografie oblique e un'ortofoto.

Le finestre con mappe e immagini nel MPT vengono utilizzate esattamente allo stesso modo, come carte geografiche tridimensionali. Le coordinate corrispondenti alla posizione del mouse sono indicate nella barra di stato, mentre la posizione corrispondente viene mostrata con un cursore verde nelle altre finestre geografiche aperte. La sola differenza fra i due tipi di finestre consiste nella possibilità, nelle finestre immagine, di importare o esportare dati in coordinate pixel e di convertire dati fra coordinate pixel/reali.

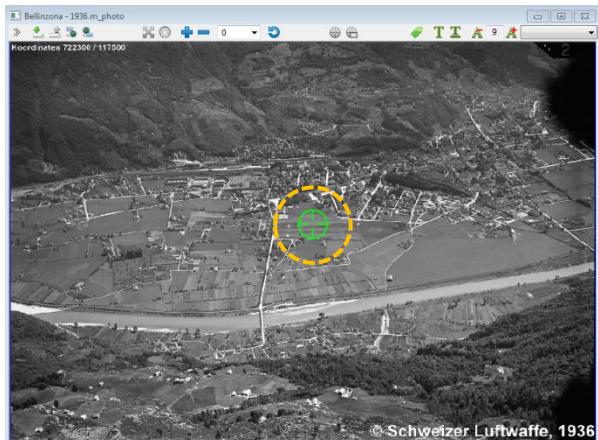
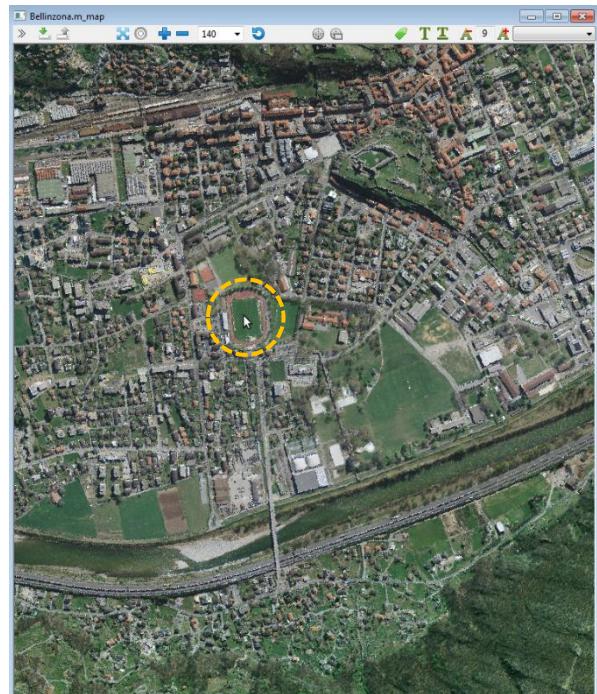
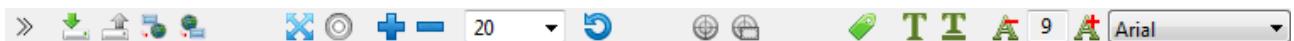


Figura 5 - Finestre con una foto obliqua e una mappa (ortofoto). La mappa può essere ruotata per avere lo stesso orientamento dell'immagine e di conseguenza semplificare notevolmente il confronto (fonte: Schweizer Luftwaffe and swisstopo).



#### 4.3.2 Menu e pulsanti relativi a foto e mappe

Per gestire e lavorare con fotografie e mappe, sono a disposizione i seguenti menu e pulsanti corrispondenti:



- » ..... open/close the map/photo definition bar
-  ..... import data (see chapter 4.7.3)
-  ..... export data (see chapter 4.7.2)
-  (\*) ..... shapefile pixel to world coordinates conversion
-  (\*) ..... shapefile world to pixel coordinates conversion
-  ..... zoom window to fit the map/photo
-  ..... center view
-  ..... view zoom in
-  ..... view zoom out
-  ..... view rotation
-  ..... zoom back to the previous view
-  ..... fit to all objects
-  ..... fit to the selected objects
-  ..... show/hide labels (object's name)
-  ..... define text foreground color
-  ..... define text background color
-  ..... font size
-  ..... font face

(\*) solo finestre immagine

#### 4.3.3 Sincronizzazione del cursore

Spostando il mouse in una finestra geografica (mappa o immagine), la posizione corrispondente (se disponibile e visibile nella finestra) viene mostrata nelle altre finestre geografiche con un cursore verde (vedi Figura 4 e Figura 5). La sincronizzazione del cursore è un aiuto per l'utente a orientarsi su fotografie e mappe diverse (anche di periodi diversi).

### 4.4 DOCUMENTI DI DATI

I documenti con dati contengono i dati definiti dall'utente. Questi dati possono essere salvati sia nel formato MPT (*m\_data*, vedi cap. 2.5.1), sia nel formato shapefile di ESRI (*shp*, vedi cap. 2.5.2). I file MPT possono contenere contemporaneamente tutti i tipi di oggetto a disposizione (punti, poligoni, polilinee, altezze), mentre ogni shapefile può contenere oggetti di un solo tipo (punti, poligoni o polilinee).

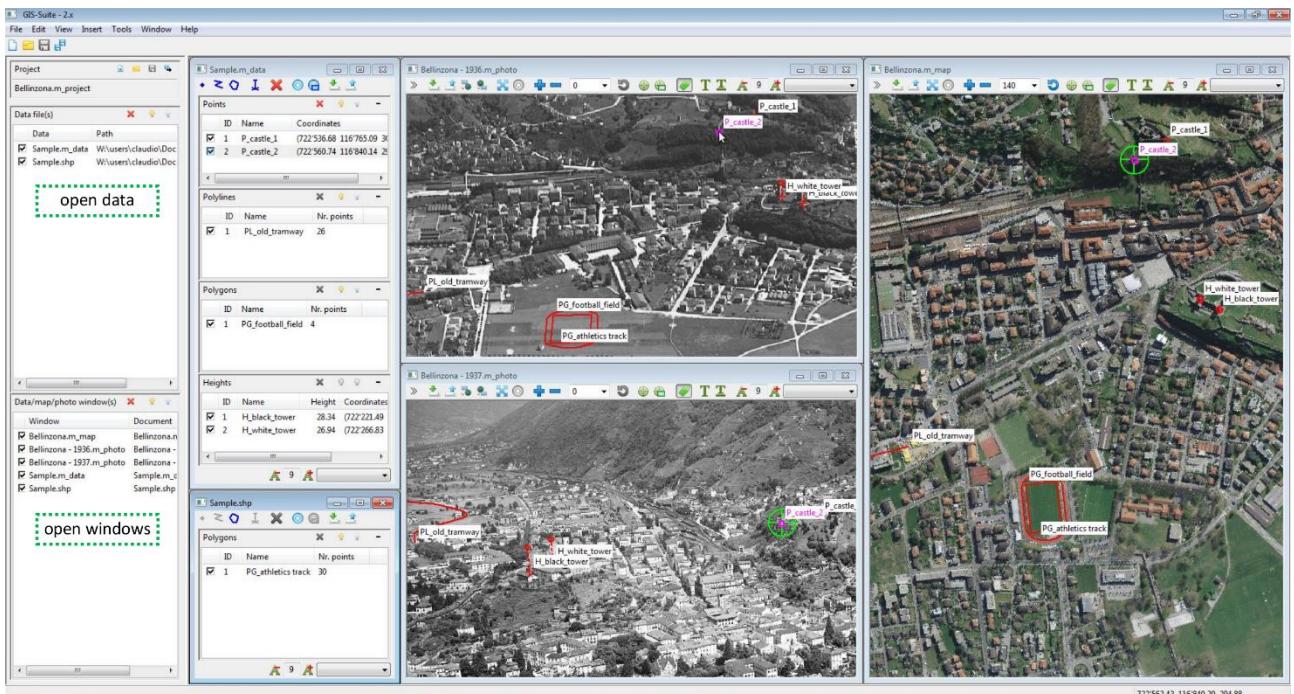


Figura 6 - Finestra principale del MPT con due foto oblique storiche, un'ortofoto e due documenti di dati dell'utente.

#### 4.4.1 Finestra con dati

La finestra dati permette di gestire (select, insert, edit, delete) gli oggetti contenuti in un file. Le finestre con dati MPT presentano quattro sezioni per punti, poligoni, polilinee e altezze. Le finestre con dati shp hanno solamente la sezione corrispondente al tipo di oggetti contenuti nel file.

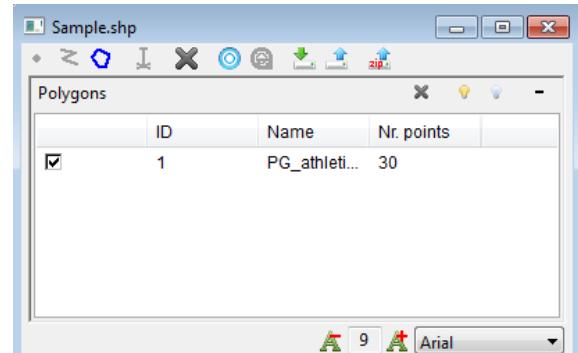
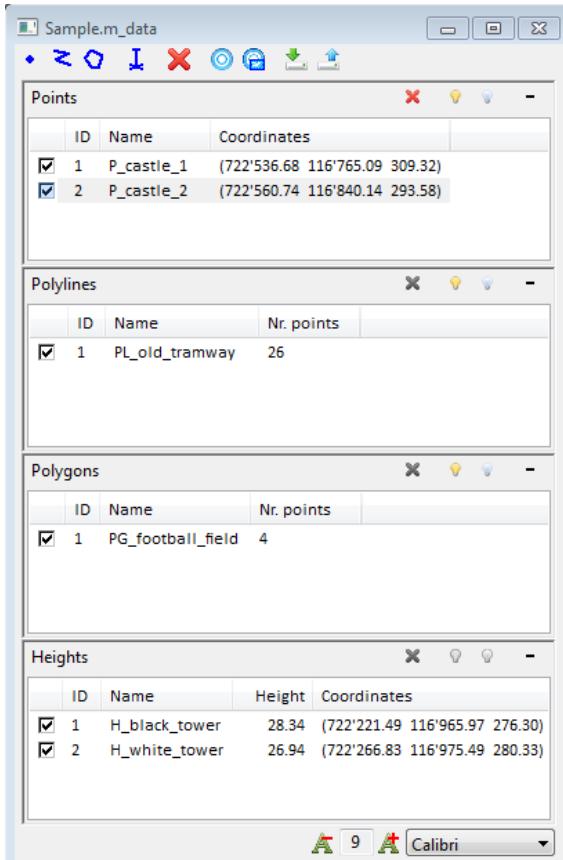
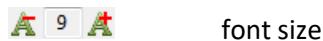
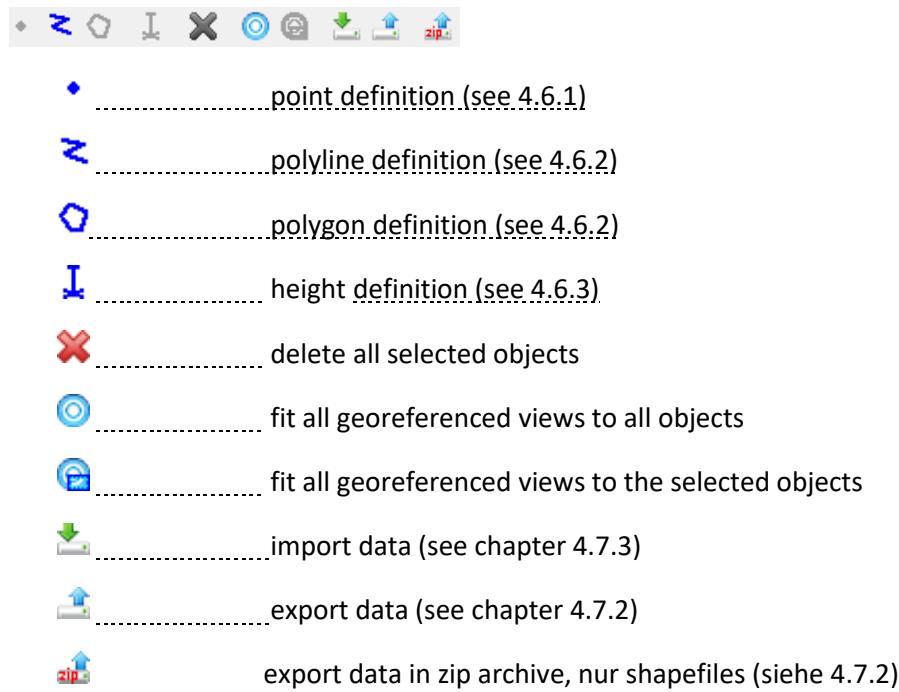


Figura 7 - Finestra dati MPT con oggetti di tutti i quattro tipi (sinistra) e finestra shp con un poligono (destra).

#### 4.4.2 Menu e pulsanti relativi ai dati

Per i documenti con dati sono a disposizione i seguenti comandi:



I comandi nelle piccole barre degli strumenti riguardano gli oggetti della sezione corrispondente:



- delete the selected objects in the section
- show the selected objects in the section
- hide the selected objects in the section
- / + hide/show the section

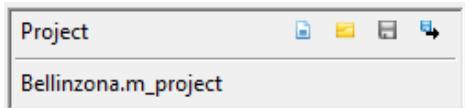
## 4.5 GESTIONE DATI

Le sessioni MPT sono basate su progetti: avviando una sessione il programma apre un nuovo progetto. È quindi possibile lavorare in questo nuovo progetto oppure aprirne uno nuovo. Chiudendo il programma all'utente viene chiesto di salvare i dati non ancora salvati. Progetto e dati possono venire salvati in ogni momento.

I progetti permettono all'utente di riaprire documenti dati e geografici disposti esattamente nell'ultima configurazione salvata. Progetto e documenti possono essere salvati individualmente oppure con il comando *save all*.

#### 4.5.1 Gestione progetto

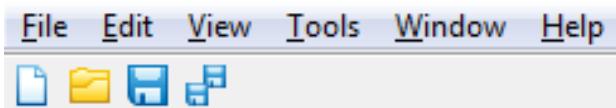
I progetti vengono gestiti tramite la piccola barra degli strumenti nella finestra di progetto:



-  ..... create a new empty project
-  ..... open an existing project
-  ..... save the current project
-  ..... save the current project with a new name

#### 4.5.2 Gestione documenti

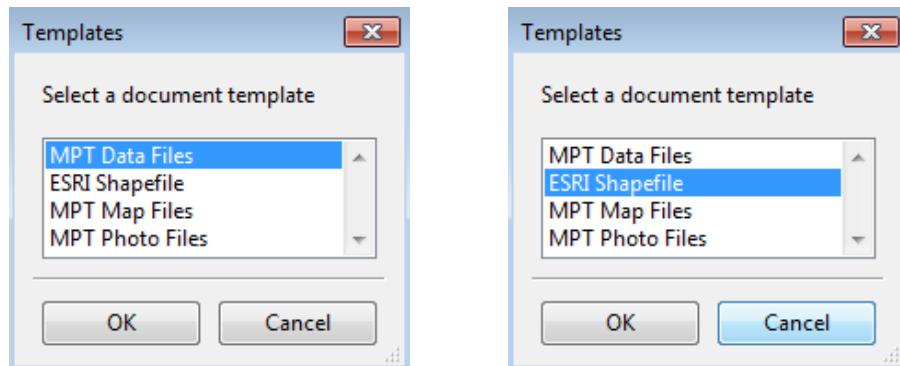
I documenti vengono gestiti con i comandi nella barra degli strumenti principale o con i menu corrispondenti. Le azioni possibili sono:



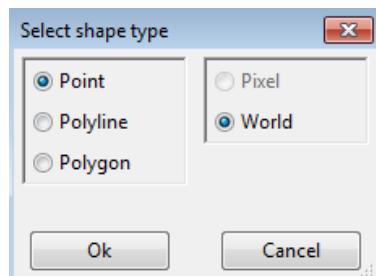
-  ..... create a new empty document
-  ..... open an existing document
-  ..... save the active document
-  ..... save all: project and documents

#### 4.5.2.1 Nuovo documento

Per creare un nuovo documento vuoto, occorre scegliere uno dei modelli a disposizione:



Scegliendo il tipo shapefile ESRI, viene pure richiesto di specificare il tipo degli oggetti contenuti nel file:



#### 4.5.2.2 Apertura di un documento

Per aprire un documento bisogna dapprima scegliere il tipo di documento e quindi selezionare il file desiderato:

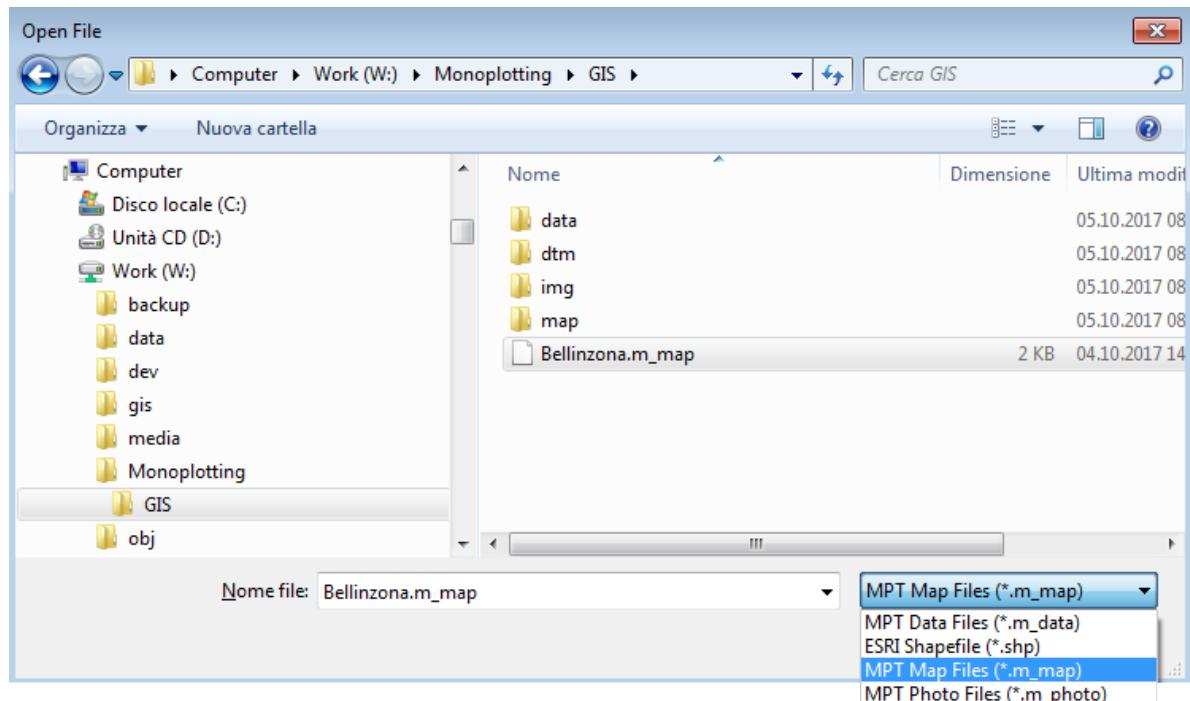


Figura 8 - Apertura di un documento.

Il documento si apre nella posizione e configurazione corrispondenti all'ultimo salvataggio.

#### 4.5.2.3 Salvataggio di un documento

Per salvare un documento va utilizzao il menu *Save* oppure il pulsante corrispondente. Il comando *Save as...*, disponibile solo nel menu, permette di salvare il documento con un nome diverso.

#### 4.5.2.4 Salva tutto (Save all)

Il menu o il pulsante *Save all* salva il progetto e tutti i documenti aperti; se ci sono nuovi documenti, viene richiesto il percorso del file da assegnare.

## 4.6 EDITORE GIS

Il MPT è dotato di un semplice editore, che permette gestire (definire, modificare, eliminare) i principali oggetti GIS (punti, poligoni e polilinee).

Sulle fotografie oblique è inoltre possibile misurare l'altezza degli oggetti (edifici, alberi, ...).

Nel MPT ogni oggetto possiede un ID e un nome che vengono assegnati automaticamente alla definizione dell'oggetto. Questi dati possono essere modificati dall'utente in ogni momento.

### 4.6.1 Definizione di punti

Il pulsante *punto* nella barra degli strumenti della finestra dati, apre l'editore di punti. Il punto può essere definito con il click del mouse in una finestra geografica oppure inserendo le coordinate dalla tastiera.

Se la modalità *Quick mode* è attiva, per ogni click del mouse viene definito un nuovo punto, altrimenti la definizione va confermata con il comando *Apply*.

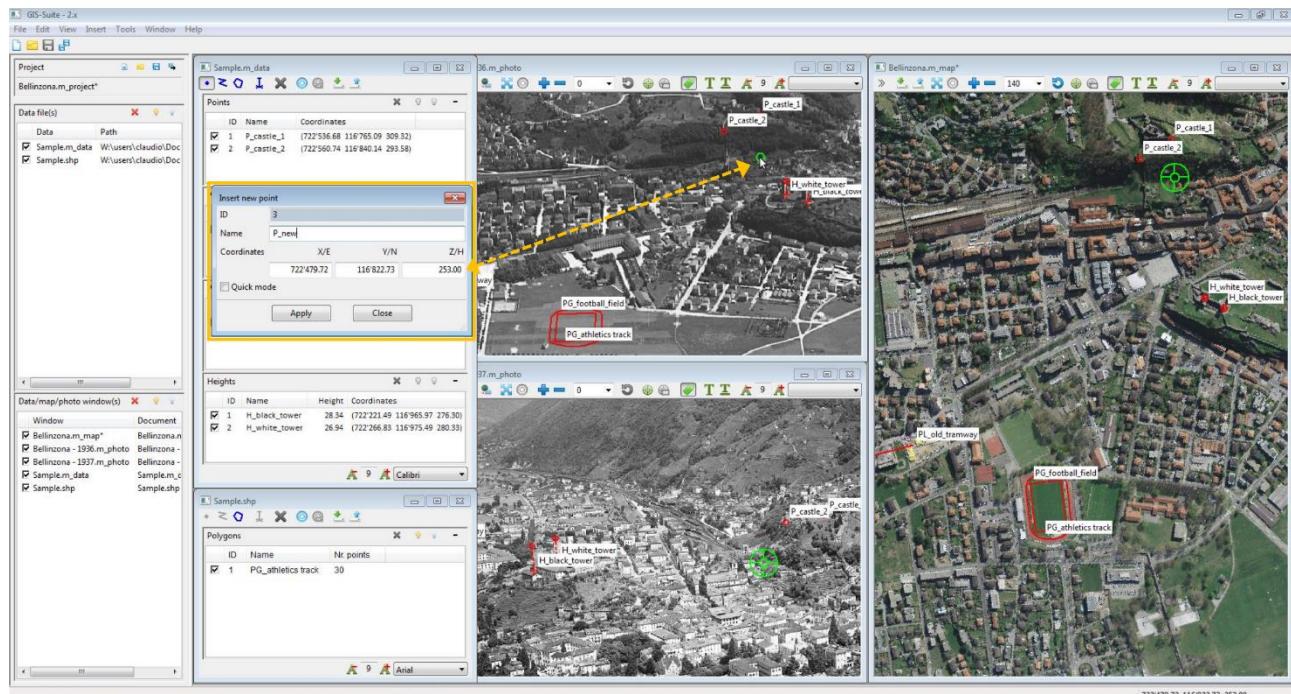
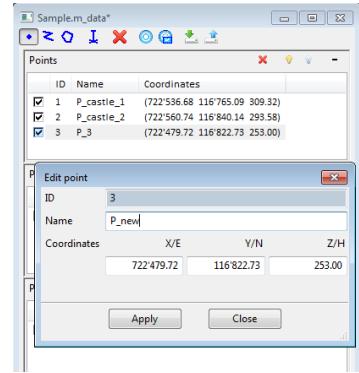


Figura 9 - Editore GIS: definizione di punti.

Per modificare un punto esistente bisogna fare un doppio click del mouse sul punto nella sezione corrispondente della finestra dati. Si apre quindi l'editore e il punto può essere modificato click del mouse nella nuova posizione in una finestra geografica oppure inserendo le nuove coordinate dalla tastiera.

Le modifiche vanno confermate con il comando *Apply*.



#### 4.6.2 Definizione di poligoni e polilinee

Il pulsante *polyline* o *polygon* nella barra degli strumenti della finestra dati, apre l'editore corrispondente. La procedura è la stessa per la definizione dei due tipi di oggetto. L'unica e semplice differenza: le polilinee sono aperte, mentre i poligoni sono chiusi.

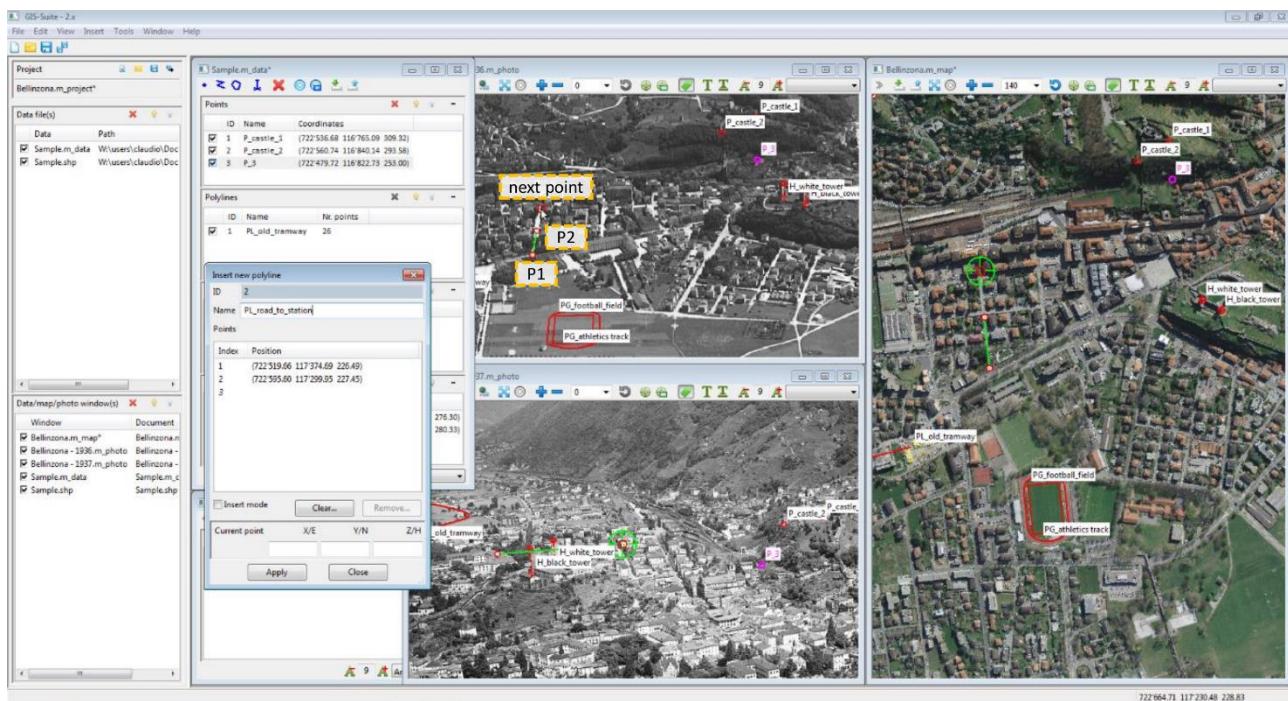
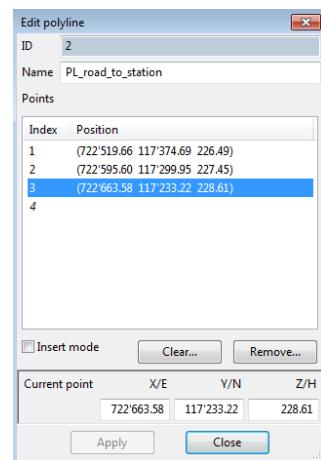


Figura 10 - Editore GIS: Definizione di poligoni e polilinee.

Se nessun punto dell'oggetto è selezionato, ogni click del mouse in una finestra geografica aggiunge un nuovo punto al poligono o alla polilnea. Se un punto è selezionato a la modalità *Insert mode* è attiva al click del mouse un nuovo punto viene inserito prima del punto selezionato. Se la modalità *Insert mode* non è attiva il punto selezionato viene modificato.

Per modificare un poligono o una polilnea esistente bisogna aprire l'editore con un doppio click sull'oggetto nella finestra corrispondente. L'oggetto può quindi essere modificato attivando o disattivando la modalità *Insert mode*, e usando i comandi *Clear...* (elimina tutti i punti) o *Remove...* (elimina i punti selezionati). Per modificare un punto selezionato, è possibile definire le nuove coordinate con un click del mouse in una finestra geografica nella posizione desiderata oppure inserendo le coordinate dalla tastiera.

Le modifiche vanno confermate con il comando *Apply*.



#### 4.6.3 Definizione delle altezze

Il pulsante *altezza* nella barra degli strumenti della finestra dati, apre l'editore delle altezze. Un oggetto altezza è composta dall'origine (la posizione in basso sul terreno) e dal numero corrispondente all'altezza dell'oggetto. Dapprima va definita l'origine, seguita dal punto alla sommità dell'oggetto da misurare.

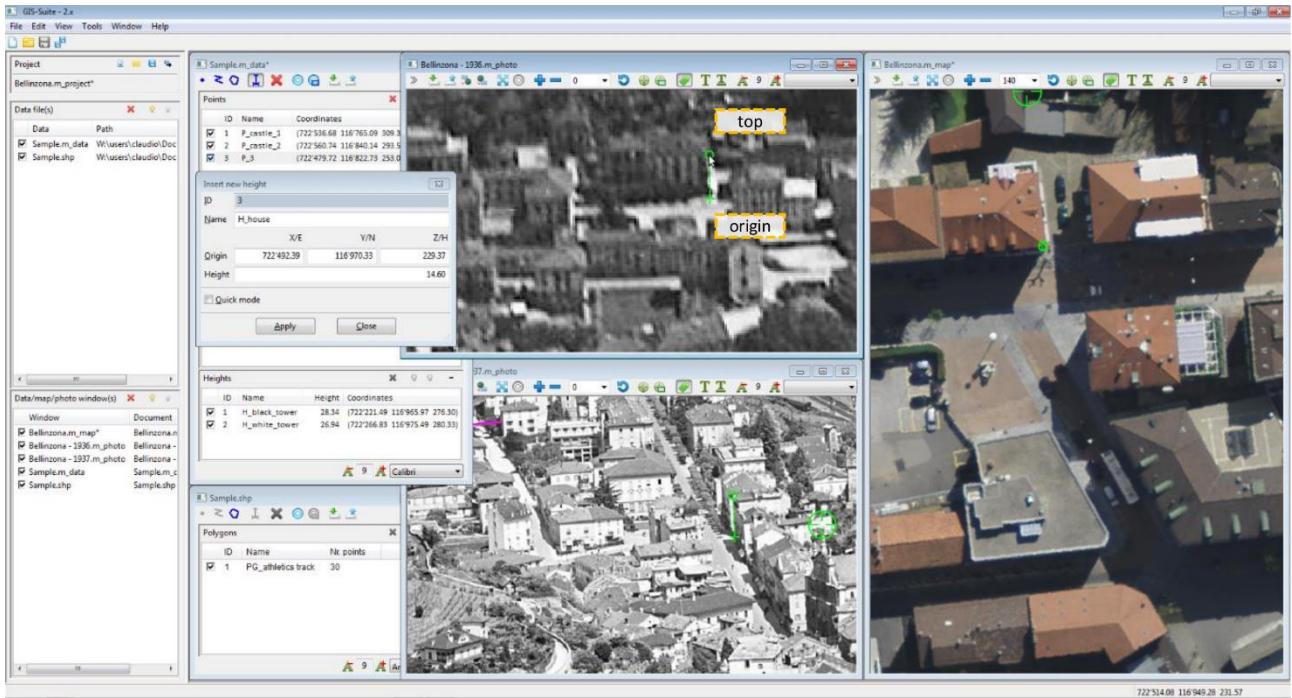
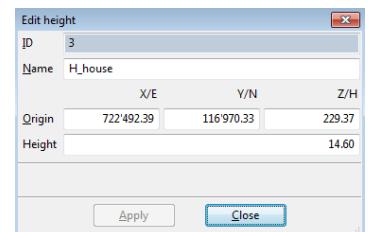


Figura 11 - Editore GIS: definizione di altezze.

L'origine può essere definita in qualunque finestra geografica (*m\_map* or *m\_photo*) dove l'oggetto è visibile, mentre la sommità può essere definita solo su di una foto obliqua (*m\_photo*).

Per modificare un'altezza esistente bisogna aprire l'editore con un doppio click sull'oggetto nella finestra corrispondente. I nuovi dati (origine e/o sommità) possono venire inseriti da tastiera oppure con un click del mouse sulla parte da modificare e quindi spostandola sulla nuova posizione.

Le modifiche vanno confermate con il comando *Apply*.



### 4.7 SCAMBIO DATI

Lo scambio dati avviene tramite i formati CSV o SHP; è così possibile importare o esportare i principali oggetti GIS da e verso altri sistemi GIS e non ((ArcGIS, Q-GIS, Excel, ...)) da ogni documento MPT. Va notato come dai documenti immagine (*m\_photo*) lo scambio dati può avvenire sia in coordinate pixel che reali, mentre dagli altri documenti solo in coordinate reali.

#### 4.7.1 Coordinate pixel

I software che gestiscono dati in coordinate pixel utilizzano formati diversi per le coordinate, che vengono brevemente presentati prima di entrare nel merito dello scambio dati vero e proprio.

I sistemi di coordinate pixel utilizzati sono i seguenti (in parentesi la denominazione MPT).

#### 4.7.1.1 Coordinate pixel GIS (*pix\_y\_minus*)

Origine in alto a sinistra, X positiva verso destra, Y negativa verso il basso.

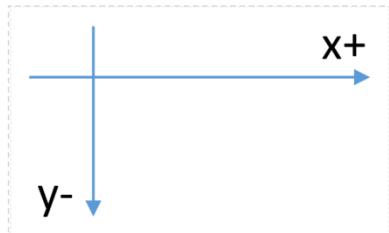


Figura 12 - Coordinate pixel GIS (ArcGIS, Q-GIS).

#### 4.7.1.2 Coordinate pixel Windows (*pix\_y\_plus*)

Origine in alto a sinistra, X positiva verso destra, Y positiva verso il basso.



Figura 13 - Coordinate pixel Windows (Photoshop, ...).

#### 4.7.1.3 Coordinate pixel standard (*pix\_y*)

Origine in basso a sinistra, X positiva verso destra, Y positiva verso l'alto.



Figura 14 - Coordinate pixel standard.

#### 4.7.2 Esportazione di dati

Il menu/pulsante *Export* (vedi 4.3.2 e 4.4.2) permette l'esportazione di oggetti; se uno o più oggetti sono selezionati, viene richiesto se sono da esportare solo gli oggetti selezionati oppure tutti gli oggetti del documento.

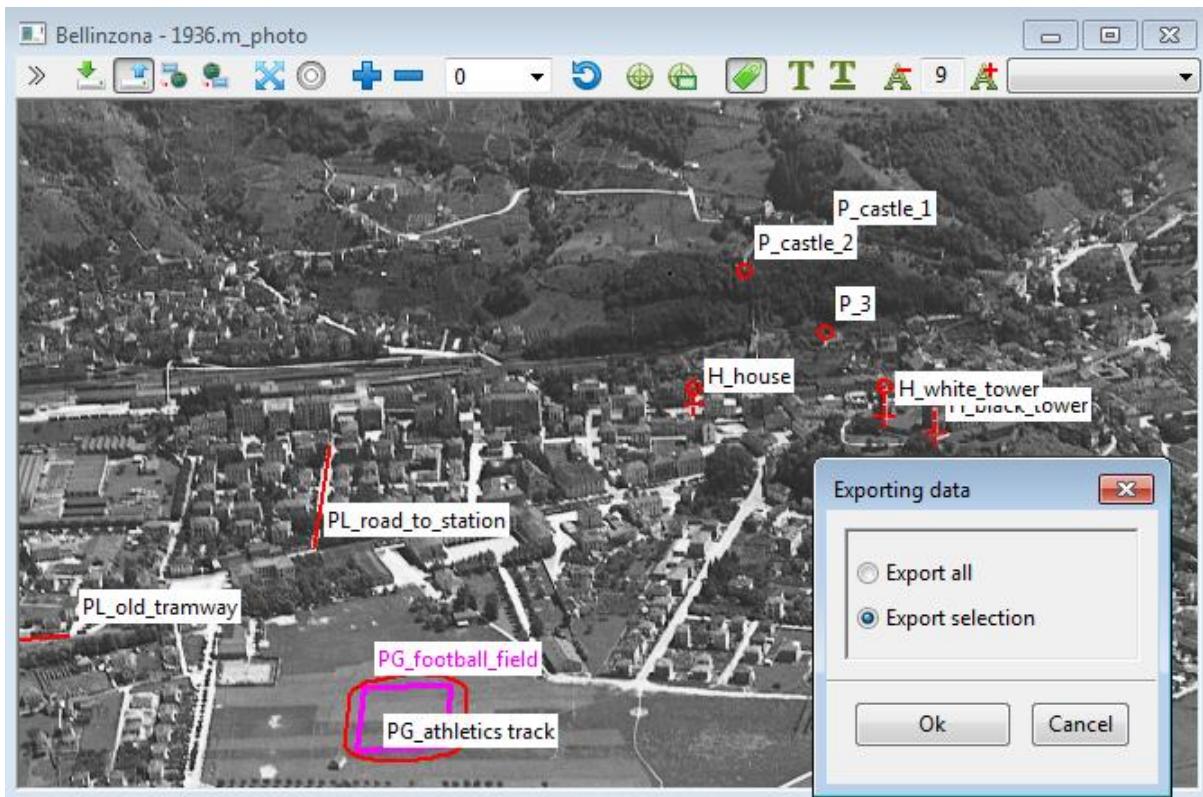


Figura 15 - Dialogo con la richiesta degli elementi da esportare.

Quindi si apre la finestra di dialogo per l'esportazione:

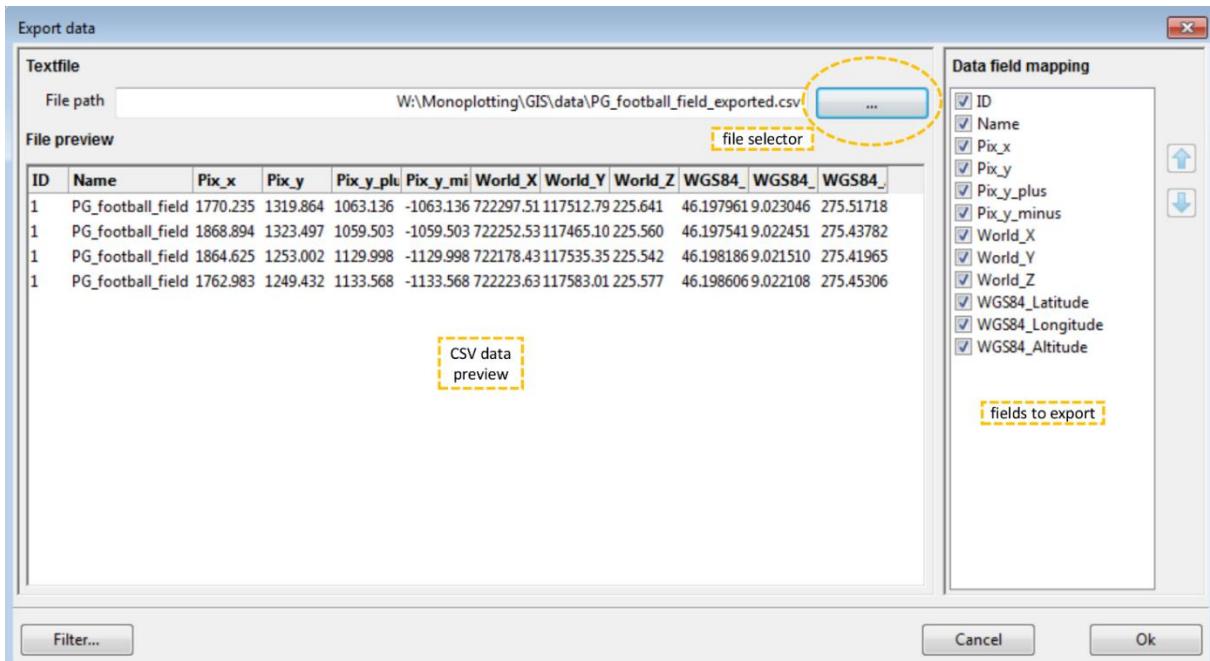


Figura 16 - Finestra di dialogo per l'esportazione.

Con il pulsante *File* va definito il file di destinazione (Figura 16). La parte inferiore della finestra mostra un'anteprima dei dati, mentre a destra è possibile scegliere quali campi esportare. I campi con le coordinate pixel sono disponibili solo per i documenti immagine.

Ogni oggetto ha un ID univoco. I punti di uno stesso poligono o di una stessa polilinea hanno lo stesso ID così da poter riconoscere che appartengono allo stesso oggetto nel file CSV di destinazione.

#### 4.7.2.1 Esportazione CSV

Esportando in formato CSV, il pulsante *Filter...* apre il dialogo con la configurazione del file di destinazione (Figura 17). Le configurazioni più importanti riguardano l'utilizzo della prima riga per le intestazioni dei campi (*Use first line as header*) e il separatore dei campi (*Field separator*).

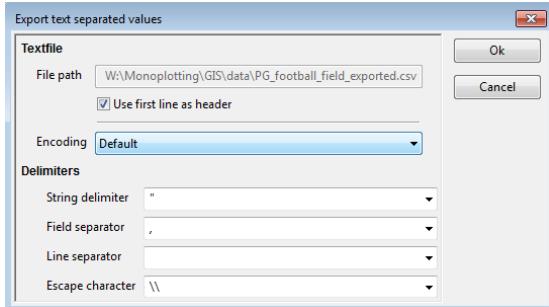


Figura 17 - Configurazione dell'esportazione CSV.

#### 4.7.2.2 Esportazione SHP

Esportando in formato SHP, viene creato un shapefile con gli oggetti e i campi selezionati. Se l'esportazione avviene da un documento immagine viene inoltre richiesto se le coordinate nel shapefile destinazione devono essere in pixel o reali.

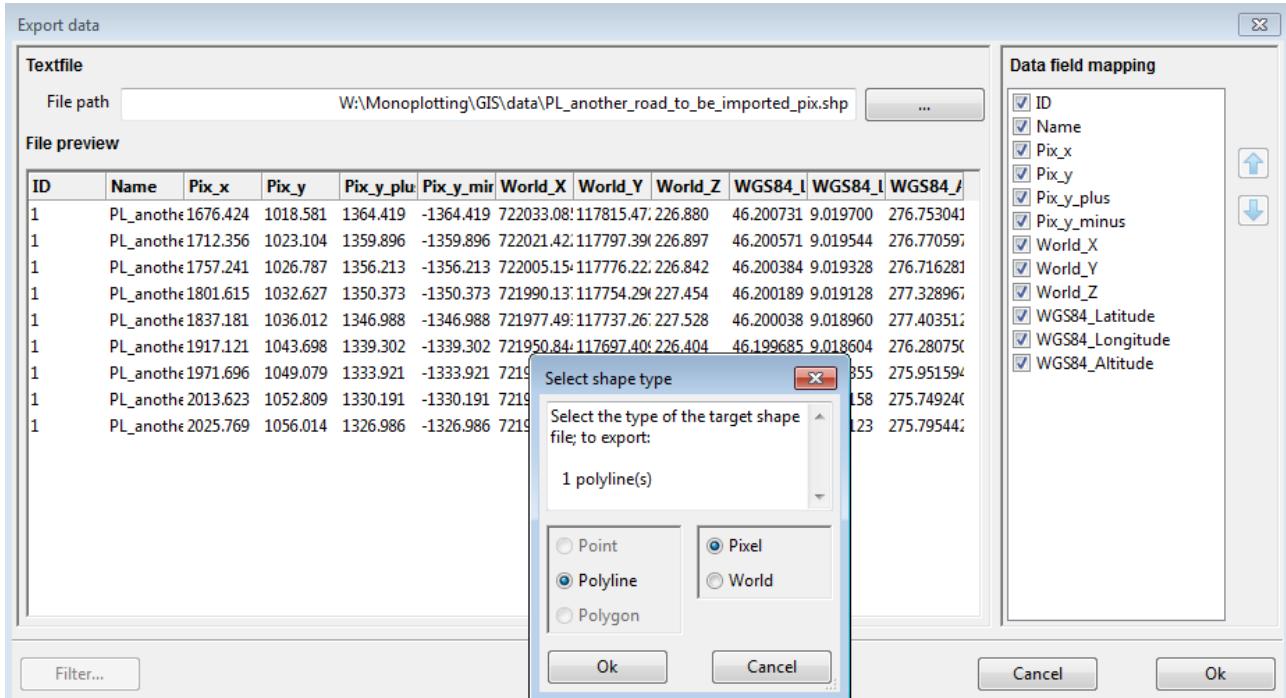


Figura 18 - Esportazione in shapefile.

#### 4.7.2.3 Esportazione ZIP (solo shapefile)

È possibile esportare un shapefile in un archivio ZIP; questo formato può tornare utile in diverse applicazioni.

#### 4.7.3 Importazione di dati

L'importazione di dati è possibile solo se il file di destinazione è aperto nel MPT. Prima di importare dati bisogna quindi definire e/o aprire questo file.

Due tipi di importazione sono possibili:

- importazione di dati in coordinatpixel, disponibile solo nei documenti immagine
- importazione di dati in coordinate reali, disponibile in tutti i documenti (immagine e mappe)

I dati in coordinate reali possono essere importati in due o tre dimensioni: se nel file da importare non è disponibile la coordinata Z, questa viene calcolata automaticamente durante l'importazione.

##### 4.7.3.1 Importazione di dati CSV in coordinate pixel

Per importare correttamente dati in coordinate pixel da un file CSV, bisogna specificare i campi X e Y opportuni, al fine di ottenere una rappresentazione corretta del campo y (vedi 4.7.1). Nel caso di poligoni o polilinee bisogna anche specificare il campo ID, per riconoscere i punti appartenenti a oggetti diversi.

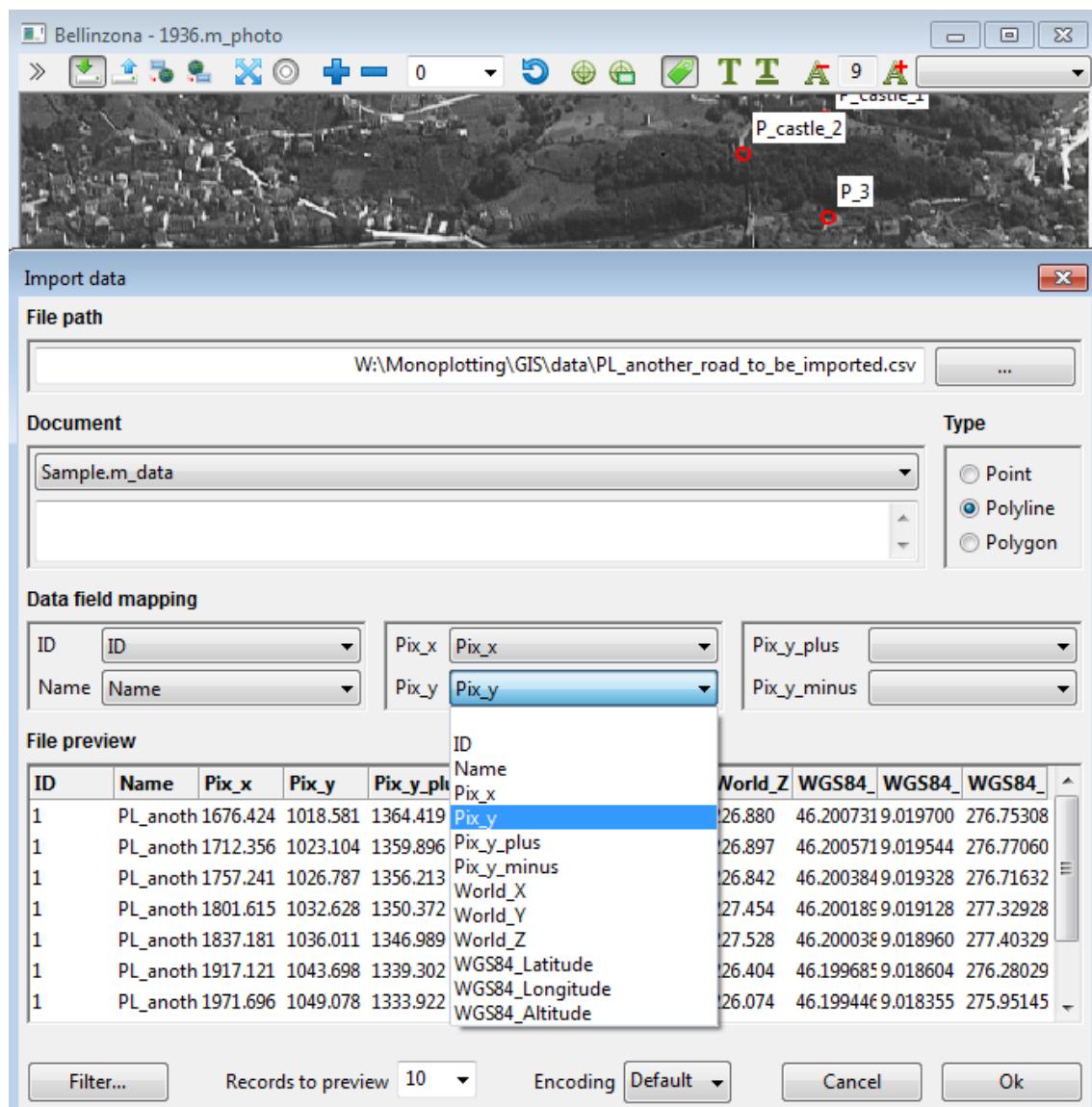


Figura 19 - Importazione di dati da CSV in coordinate pixel.

#### 4.7.3.2 Importazione di dati SHP in coordinate pixel

Prima di importare dati in coordinate pixel da un file, è opportuno essere sicuri che il file di origine sia pure in coordinate pixel. Le coordinate X e Y vengono quindi assegnate automaticamente.

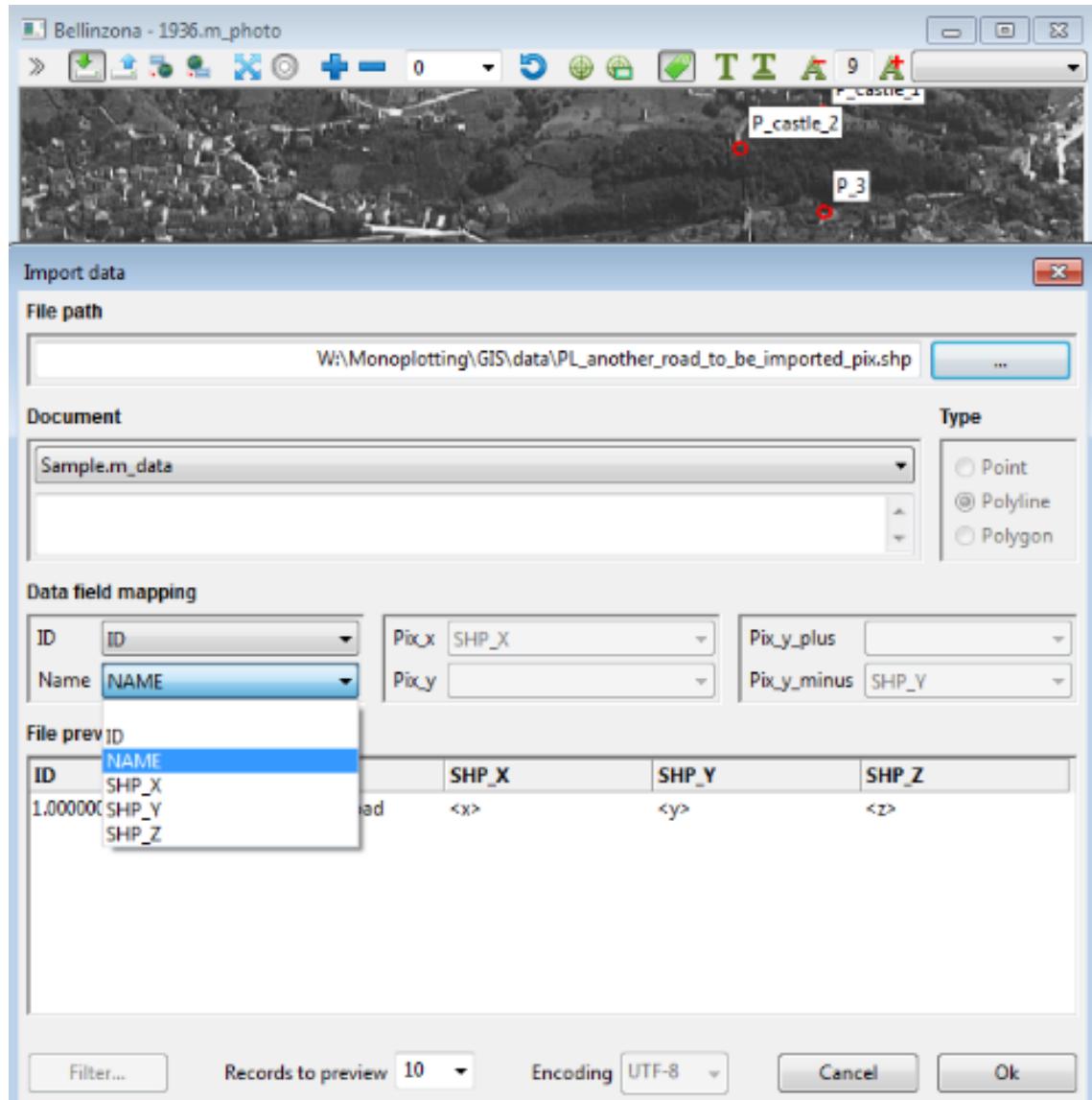


Figura 20 - Importazione di dati da SHP in coordinate pixel.

#### 4.7.3.3 Importazione di dati CSV in coordinate reali

Per importare correttamente dati in coordinate reali da un file CSV, bisogna specificare i campi X e Y opportuni. Se il file di origine contiene la coordinata Z corretta, il campo corrispondente può essere specificato. Altrimenti la coordinata Z viene calcolata automaticamente durante l'importazione.

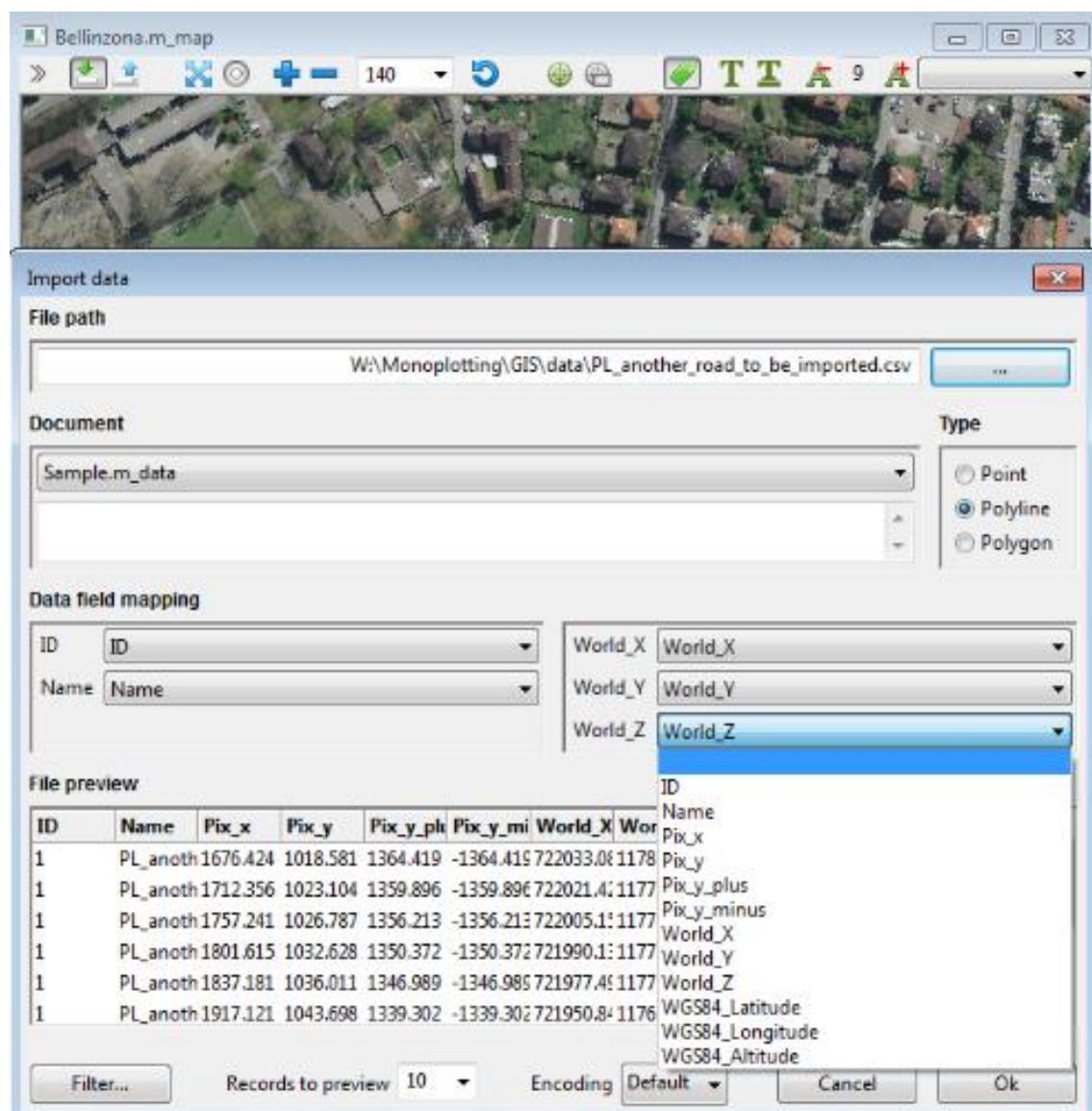


Figura 21 - Importazione di dati da CSV in coordinate reali.

#### 4.7.3.4 Importazione di dati SHP in coordinate reali SHP

Prima di importare dati in coordinate reali da un file, è opportuno essere sicuri che il file di origine sia pure in coordinate reali. Le coordinate *X* e *Y* vengono quindi assegnate automaticamente. È possibile assegnare la coordinata *Z* (se disponibile), oppure lasciare che la coordinata *Z* venga calcolata automaticamente durante l'importazione

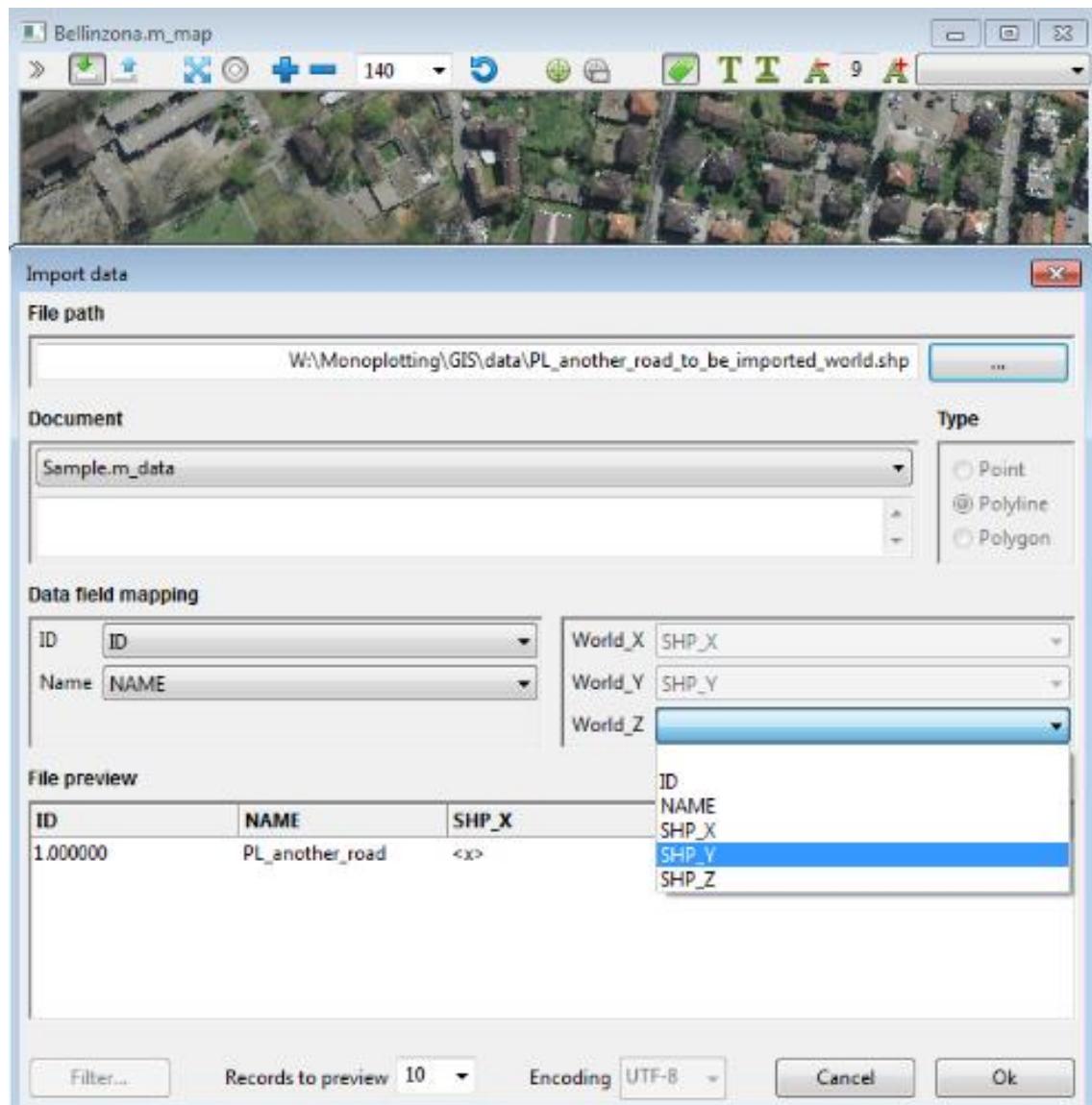


Figura 22 - Importazione di dati da SHP in coordinate reali SHP.

## 4.8 SHAPEFILE: TRASFORMAZIONE DA COORDINATE PIXEL A COORDINATE REALI

Nei documenti immagine è possibile convertire shapefile da coordinate pixel a coordinate reali e viceversa. È importante specificare il corretto sistema di coordinate per i file in coordinate pixel (vedi 4.7.1).

### 4.8.1 Da coordinate pixel a coordinate reali

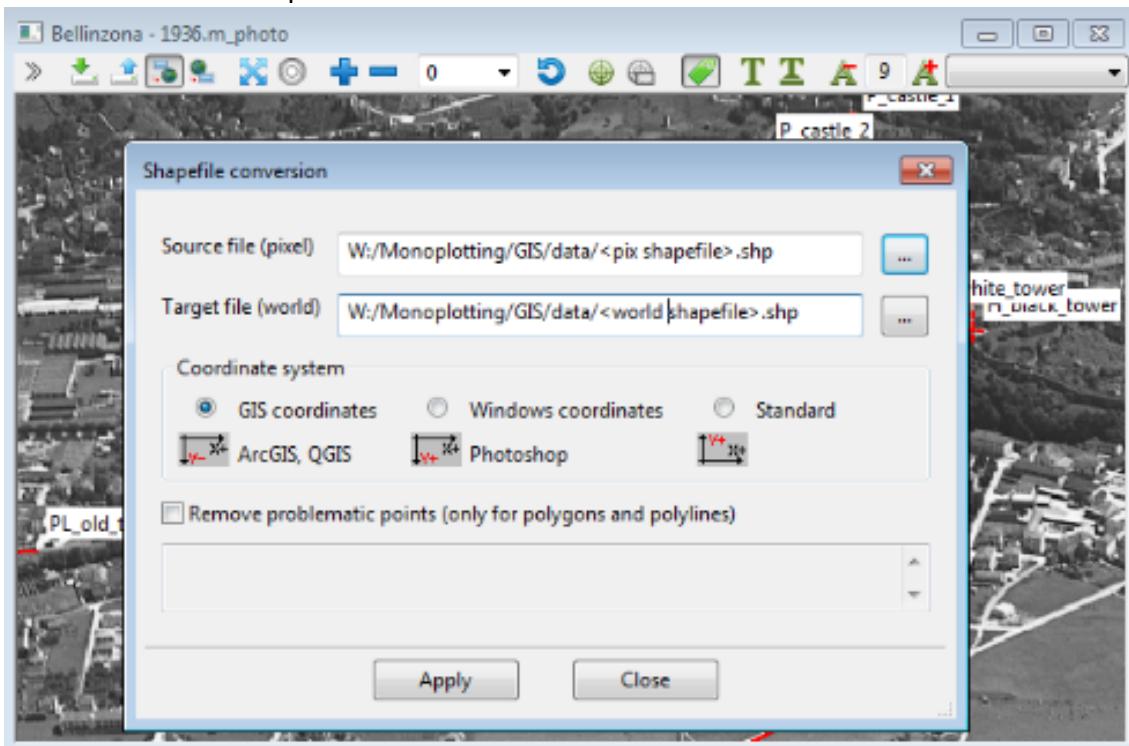


Figura 23 - Shapefile: trasformazione da coordinate pixel a coordinate reali.

### 4.8.2 Da coordinate reali a coordinate pixel

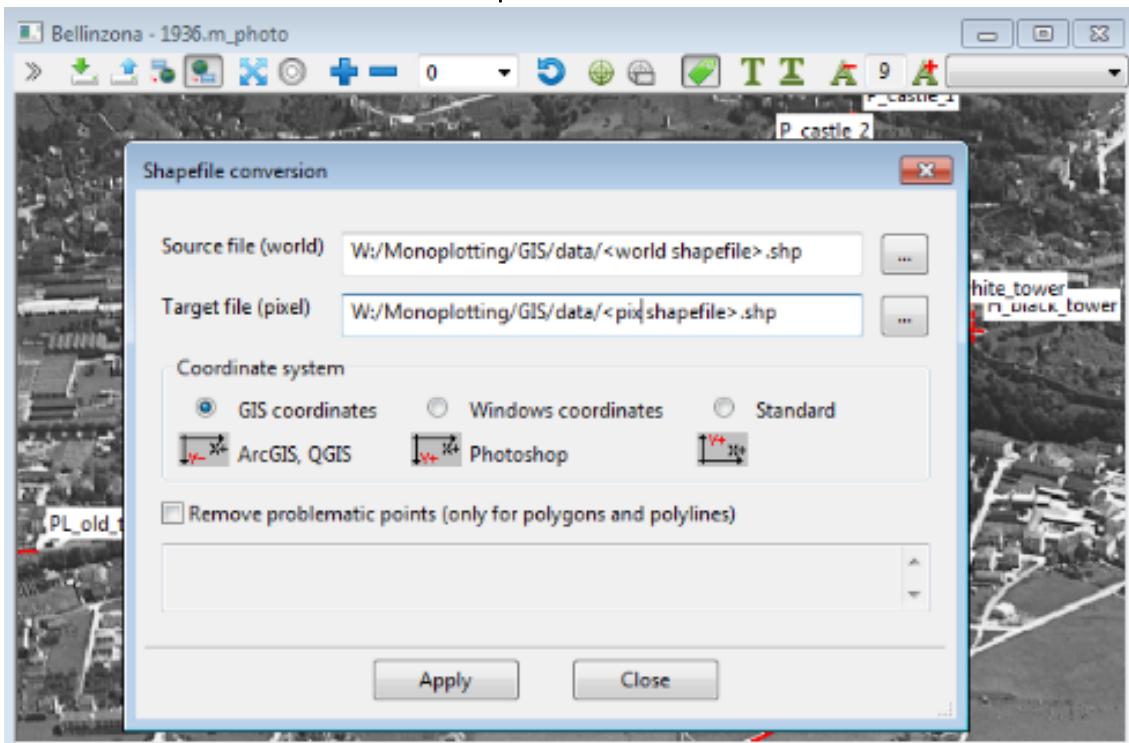


Figura 24 - Shapefile: trasformazione da coordinate reali a coordinate pixel.

## 5. IMPOSTAZIONE DI DOCUMENTI GEOREFERENZIATI

Questo capitolo spiega la procedura per la preparazione di documenti geografici (mappe e immagini), basati su dati GIS standard. A termine dell'impostazione i documenti sono pronti per essere utilizzati nel MPT.

Per configurare un documento occorre dapprima attivare la barra di controllo (*Control bar*) della mappa o dell'immagine con un click sul corrispondente menu o pulsante (vedi 4.3.2). La finestra d'informazione (*Info window*) nella parte inferiore della *Control bar* mostra lo stato corrente del documento, la posizione del mouse e altri dati utilizzati prevalentemente durante lo sviluppo del software.

### 5.1 DEFINIZIONE DELLE MAPPE (*M\_MAP*)

Un documento *mappa* consiste in una o più mappe (raster) GIS standard (vedi 2.2) e uno o più DEM (vedi 2.3). La combinazione di questi elementi permette di ottenere le informazioni tridimensionali nell'area rappresentata.

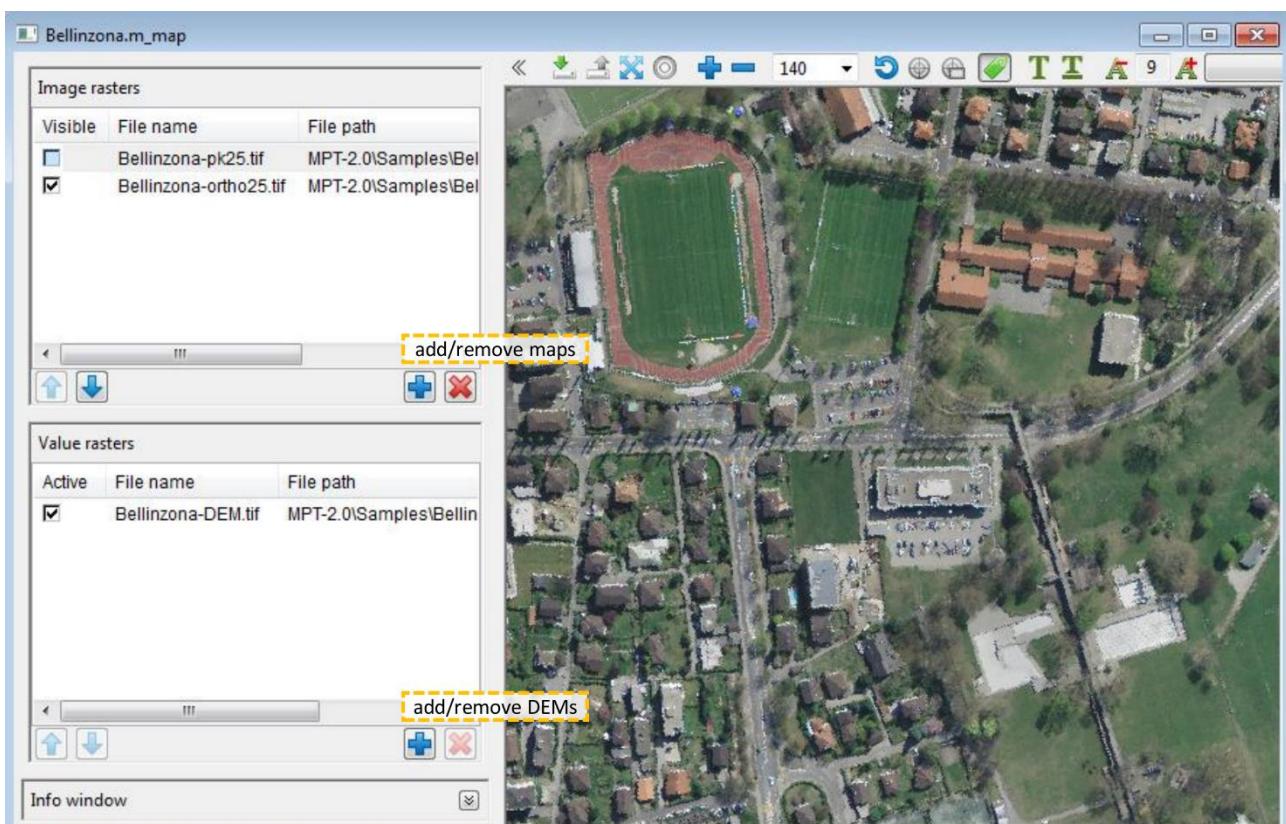


Figura 25 - Definizione di un documento mappa.

#### 5.1.1 Inserimento delle mappe (raster) GIS

Per inserire (o rimuovere) una mappa (raster), premere il pulsante corrispondente nella sezione *Image raster*. Le mappe sono automaticamente sistematate nella posizione corretta e possono essere visualizzate o nascoste attivando o disattivando la casella di controllo corrispondente. La posizione nella lista indica la priorità di visualizzazione.

A questo punto spostando il mouse sulla mappa, il MPT dovrebbe mostrare automaticamente le coordinate X e Y nel campo all'estremità destra della barra di stato.

### 5.1.2 Inserimento dei DEM

Per inserire (o rimuovere) un DEM, premere il pulsante corrispondente nella sezione *Value raster*. I DEM sono automaticamente sistemati nella posizione corretta e possono essere attivati o disattivati attivando o disattivando la casella di controllo corrispondente. La posizione nella lista indica la priorità del DEM per il calcolo dell'altitudine.

A questo punto spostando il mouse sulla mappa, il MPT dovrebbe mostrare automaticamente le coordinate *X*, *Y* e *Z* nel campo all'estremità destra della barra di stato.

## 5.2 DEFINIZIONE DELLE IMMAGINI (*M\_PHOTO*)

Un documento immagine contiene una o più fotografie oblique (di solito una sola), una o più (foto) camere (di solito una sola) e uno o più DEM (vedi 2.3). Quando la camera è calibrata (vedi cap. 6), la combinazione di questi elementi permette di ottenere le informazioni tridimensionali nell'area rappresentata.

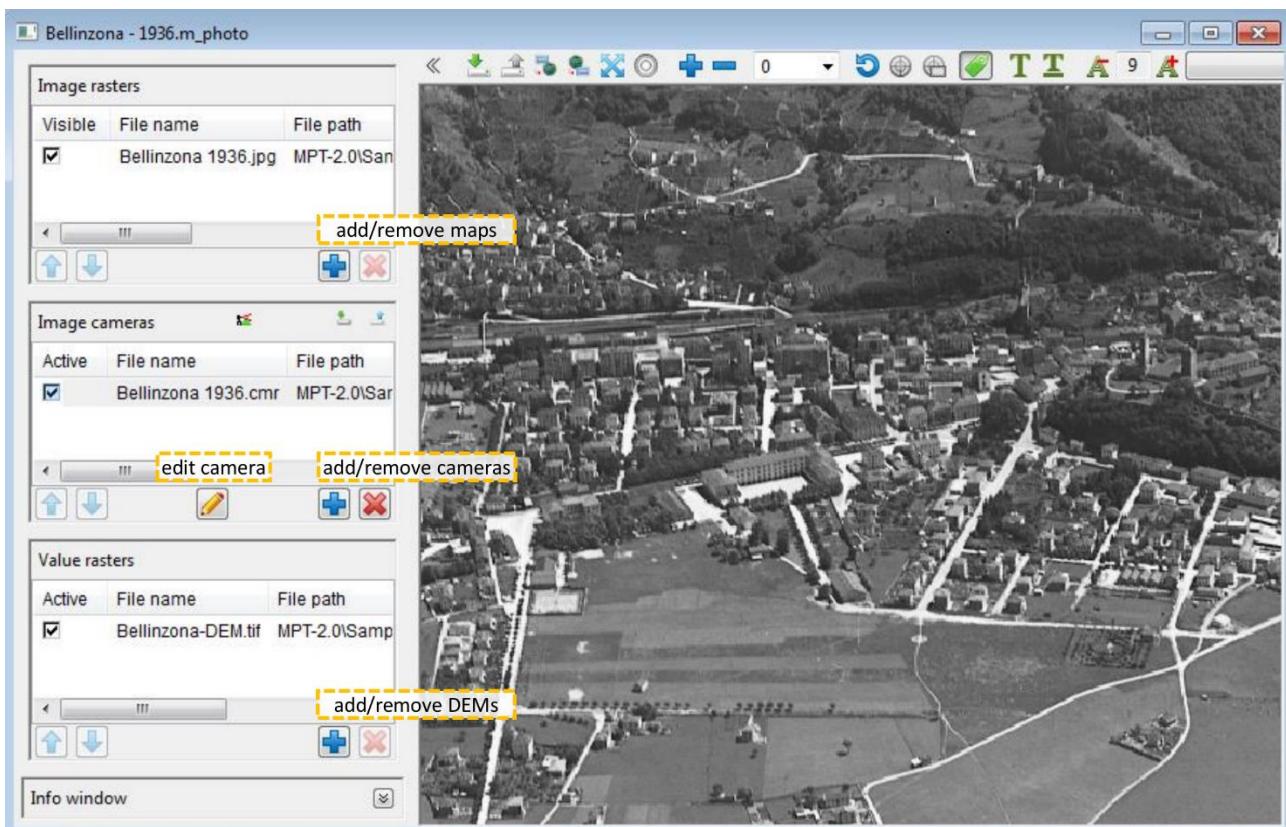


Figura 26 - Definizione di un documento immagine.

### 5.2.1 Inserimento delle immagini (foto oblique)

Per inserire (o rimuovere) un'immagine, premere il pulsante corrispondente nella sezione *Image raster*; l'immagine può essere visualizzata o nascosta attivando o disattivando la casella di controllo corrispondente. La posizione nella lista indica la priorità di visualizzazione.

### 5.2.2 Inserimento dei DEM

Per inserire (o rimuovere) un DEM, premere il pulsante corrispondente nella sezione *Value raster*; il DEM può essere attivato o disattivato attivando o disattivando la casella di controllo corrispondente. La posizione nella lista indica la priorità del DEM per il calcolo dell'altitudine.

### 5.2.3 Inserimento delle (foto) camere

Per inserire (o rimuovere) una camera, premere il pulsante corrispondente nella sezione *Image cameras*; si apre la finestra di dialogo:

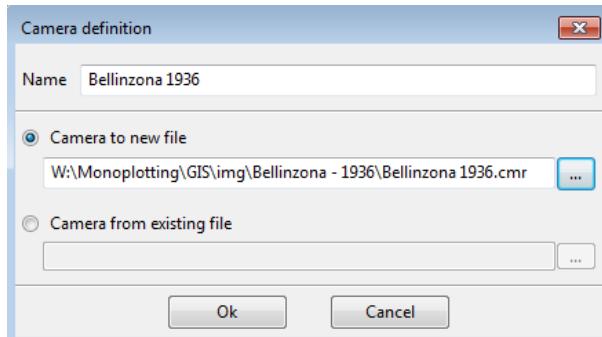


Figura 27 - Dialogo per la definizione di una nuova camera.

I parametri della camera, in realtà un modello matematico della camera fisica, sono rappresentati in un file *\*.cmr* con lo stesso nome e nello stesso percorso del file dell'immagine stessa.

Se necessario è possibile assegnare all'immagine una camera già esistente, attivando l'opzione *Camera from existing file* e selezionando il file con la camera desiderata.

Dopo aver aggiunto la nuova camera è possibile iniziare la procedura di calibrazione (vedi cap. 6), così da rendere l'immagine utilizzabile come una mappa tridimensionale.

La posizione nella lista indica la priorità della camera.

## 6. CALIBRAZIONE DELLA CAMERA

Il processo di calibrazione della camera cerca di ricostruire il modello matematico della camera originale. Sono richiesti almeno 5 (meglio se di più) punti di controllo (vedi cap. 6.5) a alcuni valori di inizializzazione per i parametri relativi al centro dell'immagine, alla distanza focale e alla posizione della camera. L'intera procedura e i dati necessari si trovano nella finestra di definizione della camera (*Camera definition*).

### 6.1 Finestra di definizione della camera

La finestra *Camera definition*, che permette la calibrazione della camera, è il cuore del MPT e della procedura relativa alla monofotogrammetria: in questa finestra vengono dapprima definiti i punti di controllo e i valori di inizializzazione, per poi iniziare la procedura di calibrazione.

#### Camera definition

Camera name

Camera computed parameters:

origin ..... X  
..... Y  
..... Z  
rotation ..... X  
..... Y  
..... Z  
image center ..... X  
..... Y  
focal .....  
sense .....

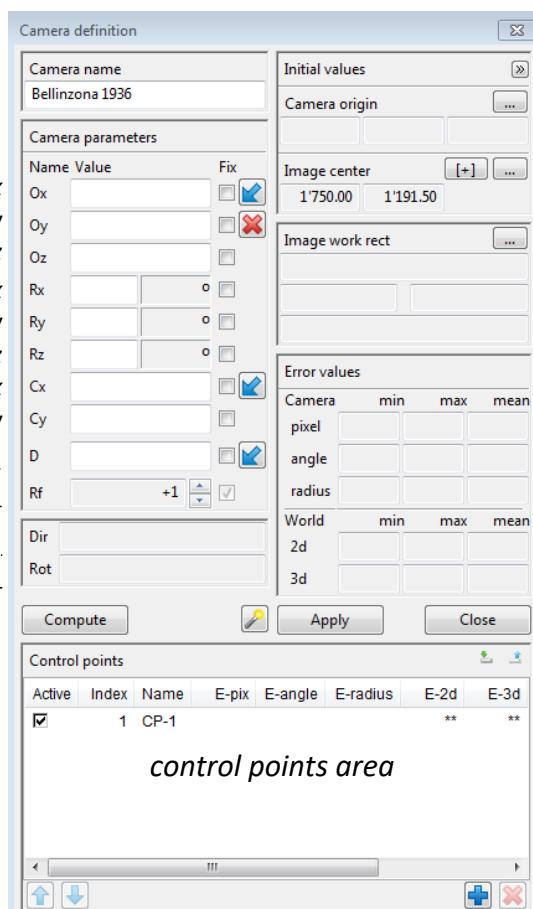
Camera direction .....  
Camera rotation .....

Buttons:

Compute: calibrate the camera with the given control points and values

Magic compute: to be used when seemingly nothing works...

Apply: apply the changes to the document



Parameter initial values:

camera origin

image center

image work rect

Calibration errors:

pixel errors

angle errors

radius errors

world 2d error

world 3d error

Figura 28 - Definizione della camera.

Pulsanti per la definizione dei parametri:

» / « show/hide the camera manual settings section (see 6.7)

Fix fix/free, when checked, prevent the parameter to be computed

copy the initial value(s) to the parameter value

reset (remove) the camera origin values

interactive set the initial value for camera origin and image center

set the image center (half of width and height) as initial value

Pulsanti per la definizione dei punti di controllo:



import control points (see 6.6)



export control points (see 6.6)



insert a new control point



remove the selected control point (s)

#### 6.1.1 Copia dei valori di inizializzazione

I valori iniziali del centro dell'immagine, della distanza focale e della posizione della camera possono essere copiati nei rispettivi campi con il pulsante *copy*, così da avere dei valori di partenza per il processo di calibrazione (vedi 6.4).

#### 6.1.2 Fissare/liberare i parametri

Con la corrispondente casella di controllo è possibile fissare o liberare un parametro. I parametri liberi vengono calcolati durante la procedura di calibrazione, mentre quelli fissi sono considerati come corretti e lasciati invariati (vedi 6.7).

Generalmente solo il parametro del centro dell'immagine rimane fisso fino al termine della procedura di calibrazione. In alcuni casi questo parametro può essere liberato per un ultimo calcolo, per verificare se il risultato finale è migliore.

#### 6.1.3 Attivazione e disattivazione dei punti di controllo

Con le corrispondenti caselle di controllo, ogni punto di controllo può essere attivato o disattivato. Il processo di calibrazione considera solamente i punti di controllo attivi (vedi 6.7).

### 6.2 Punti di controllo

I punti di controllo sono punti per i quali è conosciuta sia la posizione sull'immagine (in coordinate pixel), sia la posizione corrispondente nel mondo reale (coordinate reali). Il numero, la distribuzione e la precisione dei punti di controllo sono decisive per la precisione del processo di calibrazione.

### 6.3 Parametri della camera

I parametri della camera sono i valori del modello matematico della camera stessa, che vengono calcolati dal processo di calibrazione del MPT a partire dai valori iniziali e dai punti di controllo:

- Ox, Oy, Oz - origine della camera: posizione della camera (in coordinate reali) al momento dello scatto della fotografia;
- Rx, Ry, Rz - rotazione della camera: angoli di Eulero (*yaw*, *pitch*, and *roll*, in radianti) che rappresentano l'orientamento della camera;
- Cx, Cy - centro dell'immagine: centro della fotografia (in coordinate pixel);
- D - distanza focale: in realtà si tratta di un multiplo della distanza focale originale, risultante dal processo di digitalizzazione (generalmente la scansione della fotografia o del negativo);
- Rf - direzione della camera: la calibrazione a volte genera una soluzione con la camera rivolta nel senso opposto, che bisogna correggere manualmente impostando il valore di *Rf* (vedi cap. 6.7).

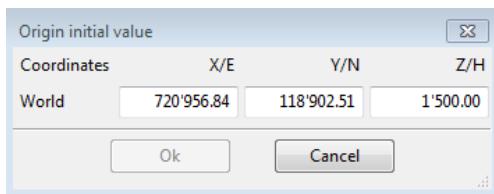
## 6.4 Valori iniziali dei parametri

Per iniziare il processo di calibrazione sono necessari i valori iniziali per alcuni parametri. Sono indispensabili i valori per il centro dell'immagine (Cx, Cy) a per la distanza focale (D). In alcuni casi è pure utile specificare un valore anche approssimativo per la posizione della camera (Ox, Oy, Oz).

I valori iniziali possono anche essere impostati con il pulsante **copy ↗**. Per la distanza focale, il pulsante **copy** imposta un valore iniziale ragionevole, che dipende dalle dimensioni dell'immagine.

### 6.4.1 Posizione della camera

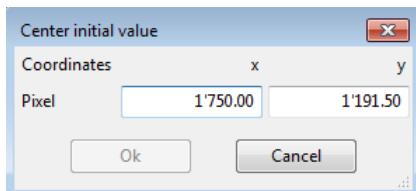
Per definire la posizione iniziale approssimativa della camera, bisogna aprire la finestra di dialogo corrispondente con il pulsante **...**:



Le coordinate possono essere inserite da tastiera oppure con un click in una finestra geografica.

### 6.4.2 Centro dell'immagine

Il pulsante **[+]** assegna automaticamente il valore iniziale del centro dell'immagine con la metà dell'altezza e della larghezza dell'immagine. Il valore può essere impostato anche con il pulsante **...** che apre la corrispondente finestra di dialogo:



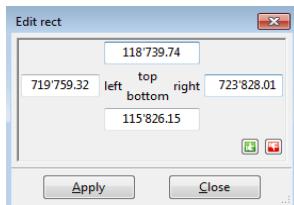
Le coordinate possono essere inserite da tastiera oppure con un click nella finestra dell'immagine.

### 6.4.3 Distanza focale

Il valore iniziale per la distanza focale viene calcolato internamente con un valore che dipende dalle dimensioni dell'immagine. Questo valore può essere inserito con il pulsante **copy ↗**.

### 6.4.4 Area di lavoro (image work rect)

L'area di lavoro è un rettangolo in coordinate reali che rappresenta la superficie coperta dalla foto sulla quale si desidera operare. Non è un valore necessario, ma aiuta a migliorare le prestazioni del sistema, ea va definito in particolare quando si lavora con un DEM che copre una superficie molto maggiore dell'area dell'immagine (p. es. quando per una serie di immagini di una regione vasta per comodità si usa lo stesso DEM). Per definire l'area di lavoro bisogna aprire la finestra di dialogo corrispondente con il pulsante **...**:

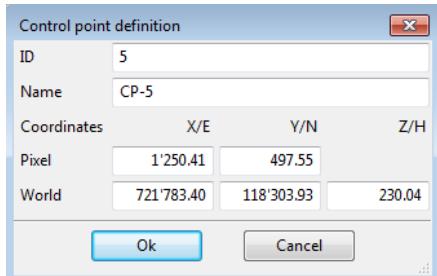


Le coordinate possono essere inserite da tastiera oppure interagendo su di una mappa (v. cap. 5.1) con i click necessari nella finestra della mappa stessa.

## 6.5 Definizione dei punti di controllo

I punti di controllo comprendono un ID, un nome e delle coordinate pixel e reali. Per definire un punto di controllo bisogna conoscerne la posizione precisa sull'immagine e sulla mappa.

Il pulsante  apre la finestra di dialogo per i punti di controllo:



I valori possono essere inseriti da tastiera o, in particolare per le coordinate, con un click del mouse sull'immagine (per le coordinate pixel) e su di una finestra geografica (per le coordinate reali).

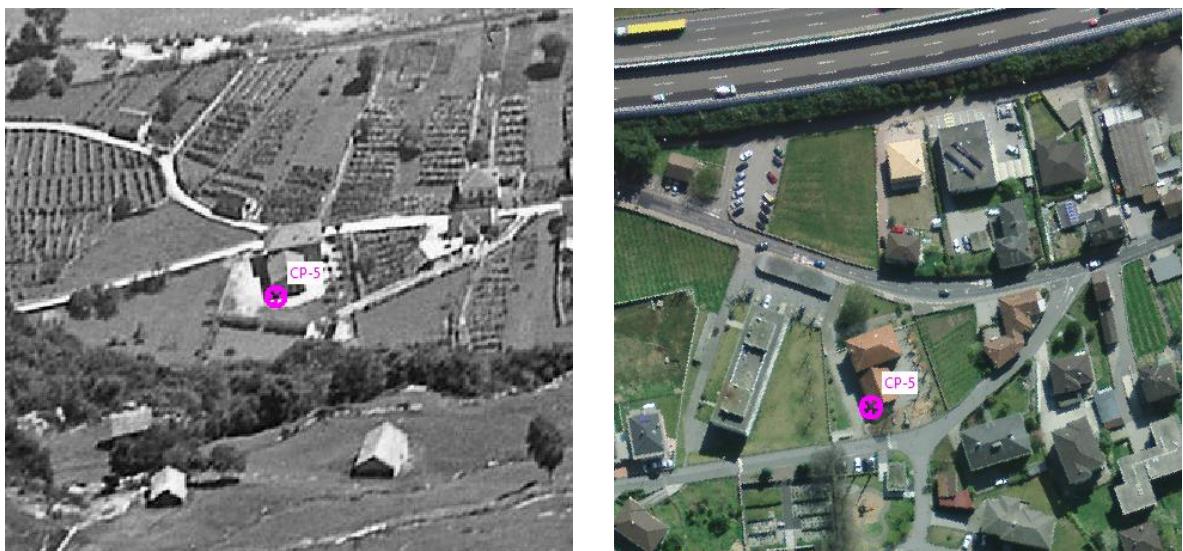


Figura 29 - Definizione dei punti di controllo.

Le coordinate dei punti di controllo devono essere quanto possibile precise. La precisione dell'intero processo di calibrazione dipende dalla precisione dei punti di controllo. Per la definizione delle coordinate reali si consiglia l'uso di ortofoto, che sono generalmente di qualità migliore rispetto alle mappe pixel e permettono quindi una maggiore precisione.

Particolare attenzione va prestata agli aspetti seguenti.

### 6.5.1 A livello del terreno

I punti di controllo vanno scelti al livello del terreno, così che i valori relative al DEM vengono ripresi correttamente. Quando disponibili, gli angoli di case o edifici in generale sono candidati ideali.

### 6.5.2 Su superfici regolari

Il DEM consiste in una serie di valori disposti su di una griglia; i valori relativi a punti che non si trovano sulla griglia vengono interpolati a partire dai punti vicini. Per ridurre gli errori, come mostrato nella Figura 30, i punti di controllo vanno possibilmente scelti su superfici regolari.

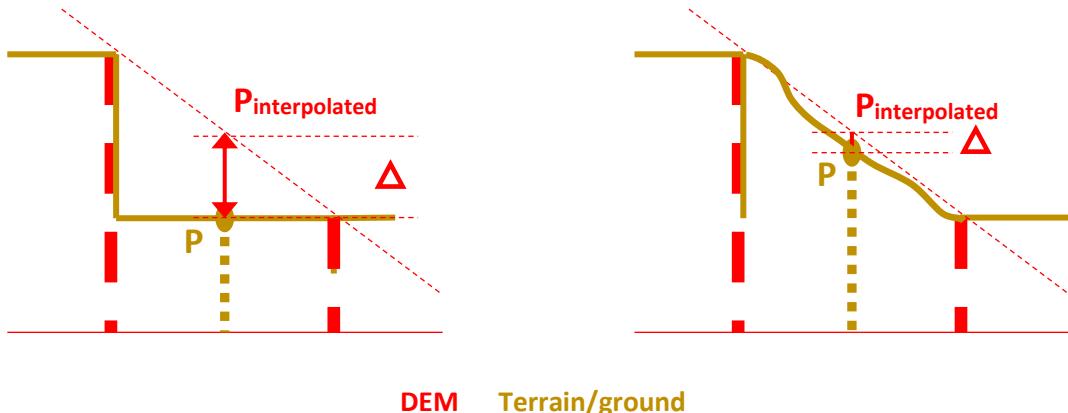


Figura 30 - Punti di controllo e influenza della regolarità della superficie.

### 6.5.3 Il problema della gronda

Scegliendo l'angolo di un edificio come punto di controllo, bisogna tenere conto della sporgenza della gronda (in particolare quando si usa un'ortofoto):

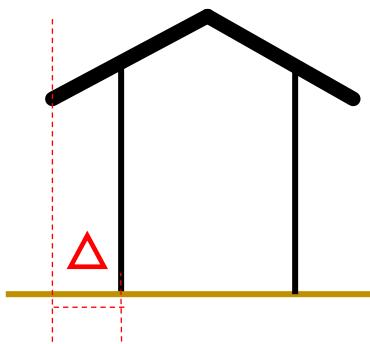


Figura 31 - Effetto gronda sui punti di controllo.

## 6.6 Importazione e esportazione dei punti di controllo

L'importazione e l'esportazione di punti di controllo sono simili a quelle dei punti (vedi 4.7.2 e 4.7.3). Per importare punti di controllo bisogna aprire la finestra di dialogo con il pulsante corrispondente:

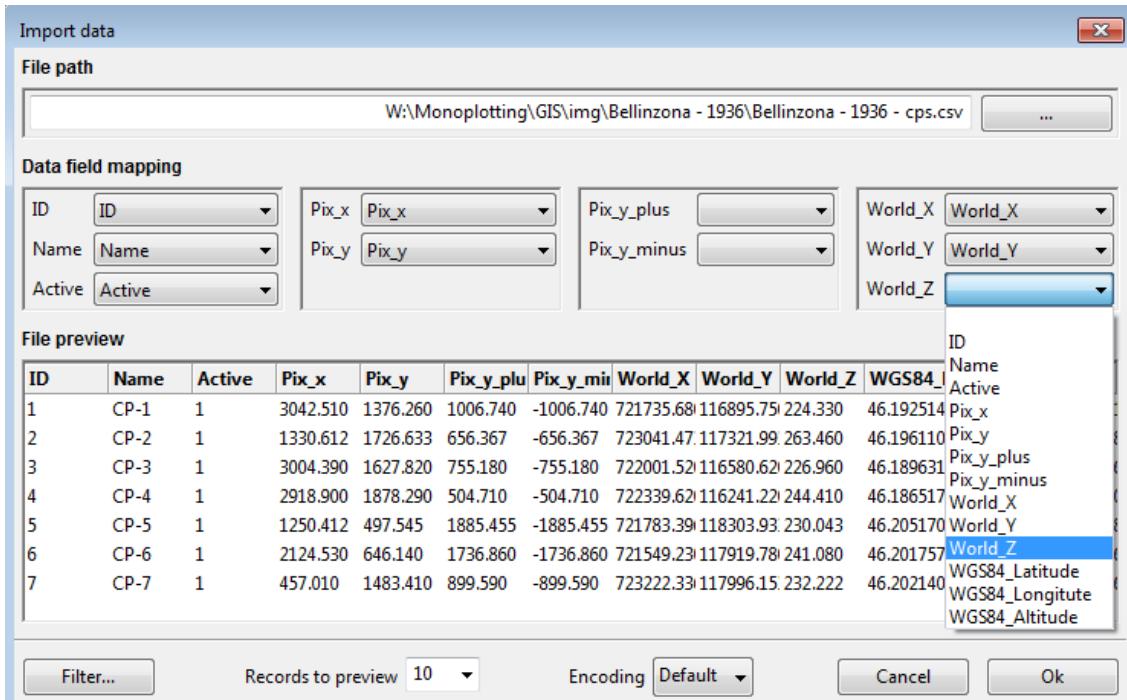


Figura 32 - Finestra di dialogo per l'importazione di punti di controllo.

Dapprima bisogna specificare il file sorgente desiderato, quindi vanno definite le corrispondenze fra i campi prestando particolare attenzione alle coordinate pixel (vedi 4.7.1) e da ultimo confermare con *Ok*. I punti di controllo importato vengono aggiunti a quelli già esistenti.

L'esportazione avviene con modalità analoga.

## 6.7 Calibrazione della camera

Per calibrare la camera sono necessari almeno 5 punti di controllo. Occorre tuttavia notare che una calibrazione con 10 punti di controllo è generalmente migliore di una calibrazione con 5 punti di controllo con una precisione equivalente.

Dopo aver definite e/o copiato i valori di inizializzazione e i punti di controllo, la procedura di calibrazione può iniziare:

1. fissare i parametri  $C_x$ ,  $C_y$ ,  $D$
2. premere il pulsante *Compute*
3. se il risultato non è soddisfacente, definire e copiare i valori iniziali della posizione della camera
4. premere il pulsante *Compute*
5. se necessario (cioè se il senso della camera non è corretto) impostare il parametro  $R_f$  (vedi 6.3)
6. verificare le corrispondenze dei punti di controllo e provare a migliorarne la precisione attivando, disattivando o ridefinendo alcuni punti di controllo
7. premere il pulsante *Compute*
8. liberare il parametro  $D$
9. se necessario riprendere di Nuovo dal punto 1

Il processo di calibrazione calcola i parametri della camera e genera una serie di informazioni che aiuta l'utente a valutare la precisione ottenuta.

Le informazioni relative agli errori riguardano (vedi 6.8):

- l'errore pixel (pixel error)
- l'errore angolo (angle error)
- l'errore raggio (radius error)
- l'errore 2D effettivo (world 2D error)
- l'errore 3D effettivo (world 3D error)

Gli errori pixel, angolo e raggio dipendono esclusivamente dalla calibrazione della camera (e quindi dalla precisione dei punti di controllo). Gli errori 2D e 3D dipendono anche dalla qualità del DEM.

Nella finestra di definizione della camera gli errori sono presentati con valori globali (minimo, massimo e media), come pure con i valori individuali per ogni punto di controllo. Ciò dovrebbe consentire all'utente di riuscire a valutare la qualità di ciascun punto di controllo.

Nelle finestre geografiche la calibrazione viene presentata graficamente: I punti di controllo definiti dall'utente con cerchi rosso-giallo, i punti calcolati con cerchi blu-giallo (Figura 34).

Nel caso ideale di una calibrazione perfetta, i punti rosso-giallo e quelli blu-giallo si sovrappongono perfettamente.

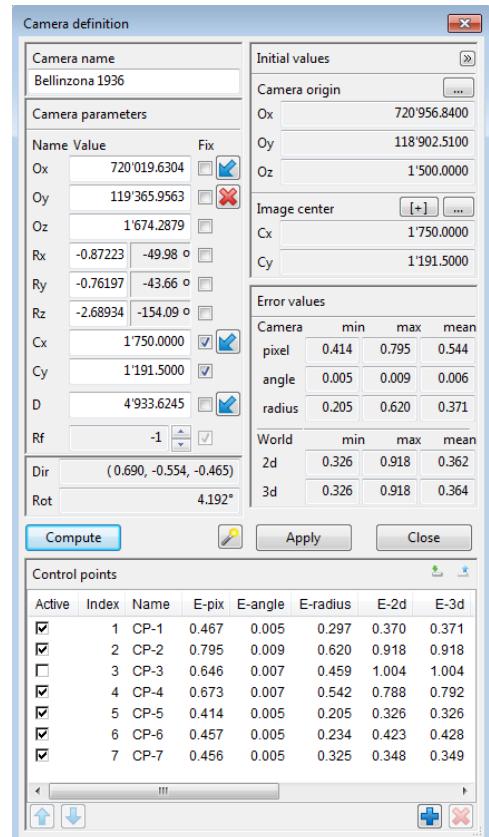


Figura 33 - Risultati della calibrazione della camera.

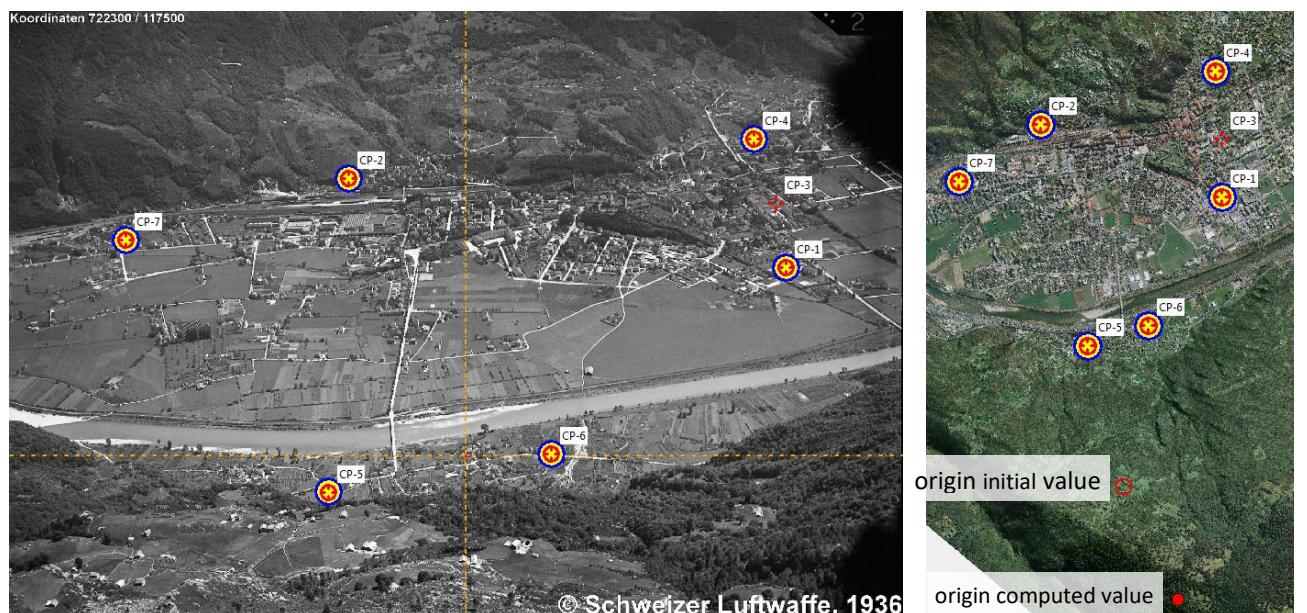


Figura 34 - Rappresentazione grafica della procedura di calibrazione nelle finestre geografiche.

## 6.8 Valutazione della precisione della calibrazione

Il processo di calibrazione calcola il corrispondente di ogni punto di controllo definito dall'utente ((pixel→reale e reale→pixel). Nel caso ideale di una calibrazione perfetta, i punti di controllo definiti dall'utente e i corrispondenti calcolati sarebbero equivalenti, cioè avrebbero gli stessi valori per le coordinate pixel e reali.

Nella realtà, le imprecisioni nelle definizioni dei punti di controllo causano degli errori quantificabili con diversi valori: pixel, angolo, raggio, 2D e 3D (Figura 35). Una buona calibrazione dovrebbe ottenere un valore medio per l'errore angolo inferiore a  $10^{-2}$ .

Tuttavia, non esiste una regola chiara e precisa per valutare una calibrazione e l'errore tollerato dipende generalmente dall'utilizzo che viene fatto dell'immagine calibrata. Per esempio, per stimare i limiti di una valanga o di un ghiacciaio un errore di 4-5 metri può essere accettabile, mentre l'errore richiesto per misurare la larghezza di una strada dovrebbe verosimilmente essere inferiore a 1 metro.

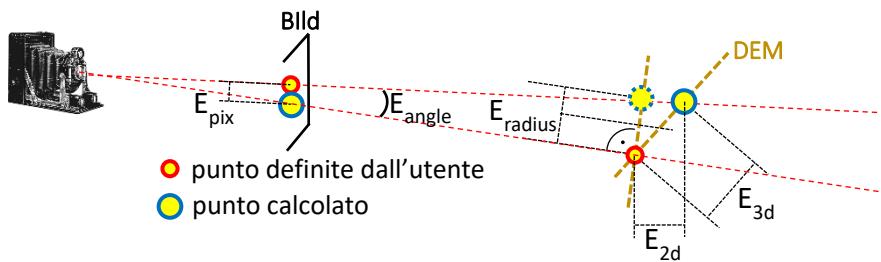


Figura 35 - Errori di calibrazione della camera.

### 6.8.1 Errore pixel (pixel error)

L'errore pixel corrisponde alla distanza in pixel fra il punto definito dall'utente e il punto calcolato, sull'immagine.

### 6.8.2 Errore angolo (angle error)

L'errore angolo corrisponde all'angolo fra i raggi che escono dalla camera e che passano per il punto reale definito dall'utente e il punto reale calcolato, in coordinate reali.

### 6.8.3 Errore raggio (radius error)

Il raggio corrisponde alla distanza reale fra il punto reale definito dall'utente e la proiezione del punto calcolato sul piano con origine nello stesso punto definito dall'utente e perpendicolare al raggio che esce dalla camera e passa per lo stesso punto.

Questo errore dipende dalla distanza del punto di controllo dalla camera e aumenta con l'aumento della distanza.

### 6.8.4 Errore reale 2D e 3D (world 2D and 3D error)

L'errore 3D è la distanza effettiva fra il punto definito dall'utente e quello calcolato, in coordinate reali. L'errore 2D è la proiezione dell'errore 3D sul piano orizzontale.

## 7. GLOSSARIO

---

*camera*: mathematical model of the camera

*camera calibration*: mathematical procedure to reconstruct the parameters of a physical camera, using control points

*camera parameters*: values needed by the mathematical model of the camera (i.e. camera origin, orientation, image center, focal length)

*control bar*: left section of map and photo windows allowing the configuration of the corresponding document

*control points*: points for which the image position (in pixel coordinates) and the corresponding real position (in world coordinates) are well known

*data document*: document with data, i.e. GIS objects in native (*m\_data*) or shape (*shp*) format

*data window*: window with a data document, i.e. native (*m\_data*) or shape (*shp*) data

*geo window*: windows with georeferenced documents, i.e. map and photo windows

*map document*: georeferenced document with a standard GIS map and DEM, providing tridimensional information

*map window*: window with a map document

*MPT*: WSL Monoplotting Tool

*info window*: lower section of the control bar, with information about the current status of the document and the mouse position, used specially for development purposes

*map window*: window with a photo document (*m\_map*)

*photo document*: georeferenced document based on a photograph, a calibrated camera and a DEM, providing tridimensional information

*photo window*: window with a photo document (*m\_photo*)

*pixel coordinates*: two-dimensional coordinates in pixel, representing a position on an image

*statusbar*: lower section on the bottom with real time information about menu selection and coordinates corresponding to the current mouse position

*world coordinates*: three-dimensional coordinates in a standard unit (usually meters), representing a position in the real world in a projected coordinate system

## 8. BIBLIOGRAPHY

---

- Claudio Bozzini, Patrik Krebs, Marco Conedera, 2011  
“A new tool for obtaining cartographic georeferenced data from single oblique photos”  
in: Pavelka, K. (ed.): XXIIith International CIPA Symposium, Prague, Czech Republic, September 12 - 16, 2011, CD-Rom, 6 p. (ISBN 978-80-01-04885-6)  
[<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/025.pdf>]
- Claudio Bozzini, Marco Conedera, Patrik Krebs, 2012  
“A New Monoplotting Tool to Extract Georeferenced Vector Data and Orthorectified Raster Data from Oblique Non-Metric Photographs”  
International Journal of Heritage in the Digital Era, Multi Science Publishing, Volume 1, Number 3 / September 2012, pp. 499-518 (ISSN 2047-4970, DOI 10.1260/2047-4970.1.3.499)
- Claudio Bozzini, Patrik Krebs, Marco Conedera, 2012  
“Neues Tool zur Georeferenzierung von terrestrischen Schrägbildern”  
Geosciences Actuel, 3/2012 - Oktober 2012, pp. 27-28 (ISSN 1662-2480)
- Roland Fischer, Claudio Bozzini, 2013  
“Lire les photos comme des cartes”  
Horizons - Le magazine suisse de la recherche scientifique no 96, Mars 2013
- Roland Fischer, Claudio Bozzini, 2013  
“Fotos wie Karten lesen”  
Horizonte – Das Schweizer Forschungsmagazin Nr. 96, p. 38, März 2013
- Marco Conedera, Claudio Bozzini, Cristian Scapozza , Lorenze Rè, Ueli Ryter, Patrik Krebs, 2013  
“Anwendungspotenzial des WSL-Monoplotting-Tools im Naturgefahrenmanagement”  
Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, Vol. 164, No. 7, pp. 173-180, July 2013 (ISSN 0036-7818)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. 2017.  
*Digitale Orthophotos (DOP)*  
[<https://www.bkg.bund.de/DE/Produkte-und-Services/Shop-und-Downloads/Digitale-Geodaten/Orthophoto/orthophotos.html>]
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. 2016.  
*Georeferenzierung*  
[<https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/karten-und-mehr/historische-kartenwerke/georeferenzierung.html>]
- Marco Conedera, Claudio Bozzini, Cristian Scapozza , Lorenze Rè, Ueli Ryter, Patrik Krebs, 2013  
“Anwendungspotenzial des WSL-Monoplotting-Tools im Naturgefahrenmanagement”  
Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, Vol. 164, No. 7, pp. 173-180, July 2013  
(ISSN 0036-7818)
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. .2016.  
*Was sind Rasterdaten?*  
[<http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>]
- LANG S, BLASCHKE T. 2007  
*Landschaftsanalyse mit GIS. In UTB.: Geowissenschaften, Biologie, Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften.*

Ulmer. ISBN 9783800128457.

[<https://books.google.de/books?id=VtcFMgAACAAJ>]

Cristian Scapozza , Christophe Lambiel, Claudio Bozzini, Stefano Mari and Marco Conedera, 2014  
"Assessing the rock glacier kinematics on three different timescales: a case study from the southern Swiss"  
Earth Surf. Process. Landforms (2014), DOI: 10.1002/esp.3599, June 2014

Christopher A. Stockdale, Claudio Bozzini, S. Ellen Macdonald, Eric Higgs, 2015  
"Extracting ecological information from oblique angle terrestrial landscape photographs: Performance evaluation of the WSL Monoplotting Tool"  
ScienceDirect, Applied Geography 63 (2015), pp. 315-325, September 2015

Samuel Wiesmann, Ladina Steiner, Milo Pozzi, Claudio Bozzini, Lorenz Hurni, 2012  
"Reconstructing Historic Glacier States Based on Terrestrial Oblique Photographs"  
AutoCarto International Symposium on Automated Cartography, Columbus, Ohio, USA, 16-18 September 2012

Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (Hrsg.). 2016.  
*Digitales Geländemodell DGM*  
[<http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/dhm/dgm/dgm.html>]

Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (Hrsg.). 2016.  
*Digitales Oberflächenmodell*  
[<http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/dhm/dom/dom.html>]

Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Potsdam. 2016.  
*Digitales Geländemodell (DGM) / Digitales Oberflächenmodell (DOM)*  
[<http://vv.potsdam.de/vv/produkte/173010100000013574.php>]