

# **ELABORAZIONE IN 3D DI UNA DISCARICA PER RIFIUTI URBANI UBICATA NEL COMUNE DI PLANEZZA (TO) TRAMITE SISTEMA UAV**

(Unmanned Aerial Vehicle).



## 1- INTRODUZIONE

Su di un'area in località Cassagna, nel Comune di Pianezza, provincia di Torino dove è stata realizzata una discarica per rifiuti urbani, è stato effettuato un rilievo aereo fotogrammetrico tramite l'uso di un sistema UAV (Unmanned Aerial Vehicle), un drone (UFLy Swinglet CAM) costruito dalla Società svizzera SenseFly che ha prodotto 200 immagini successivamente elaborate presso la sede della società Menci Software in Arezzo tramite l'uso del software APS (Aerial Photo Survey) versione 4.5.0.



Sensefly swinglet CAM

L'elaborazione delle foto aeree, distribuite su di un'area di circa 1 Km<sup>2</sup> ha permesso di ottenere in completo automatismo l'orientamento interno ed esterno del blocco di foto, una overview dell'intera area in formato raster, un DTM con risoluzione 3 m. e creazione di curve di livello con un passo di 0,5 m. e 1,0 m., una ortofoto di estensione pari a 0.420 Km<sup>2</sup>, un DSM e una PointCloud in scala 1:500.

Si è proceduto poi all'editazione dell'intera ortofoto (AOI) tramite le funzioni CAD presenti all'interno del software APS ed all'interpretazione e graficizzazione del modello stereoscopico del progetto.

## 2- CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE E DEL VOLO AEREO

Swinglet CAM è caratterizzato da un'apertura alare di 80 cm, una macchina fotografica digitale (Canon IXUS 125 HS) da 16MP ed una batteria al litio che gli permette un'autonomia di 30 minuti di volo. Swinglet CAM ha la possibilità di volare con venti fino a 25km/h. Inoltre, il drone è dotato di un sistema GPS per cui ogni singola foto aerea scattata è riferita secondo un sistema di riferimento (WGS84).

Essendo l'area contenuta in termini di estensione, il volo aereo, della durata di circa 16 minuti, ha prodotto una serie di 200 foto aeree scattate dalla quota di circa 190 m. distribuite in 11 strisciate secondo un percorso precedentemente impostato su computer.

L'overlap delle immagini è dell'80% sia longitudinalmente che trasversalmente.

## 3- INSERIMENTO ED ELABORAZIONE DATI

Il programma APS permette di elaborare tutti i dati ricavati dal volo aereo ed anche di ottenere il certificato di calibrazione della camera fotografica (per il quale serve elaborare solamente 24 delle foto scattate) indispensabile per l'orientamento interno.

A questo vengono aggiunte tutte le immagini del piano di volo effettuato e successivamente viene scelto l'algoritmo per l'elaborazione (bundle strategy) (Fig.1-2). In questo caso è stato utilizzato il GSU Descriptor Matching.

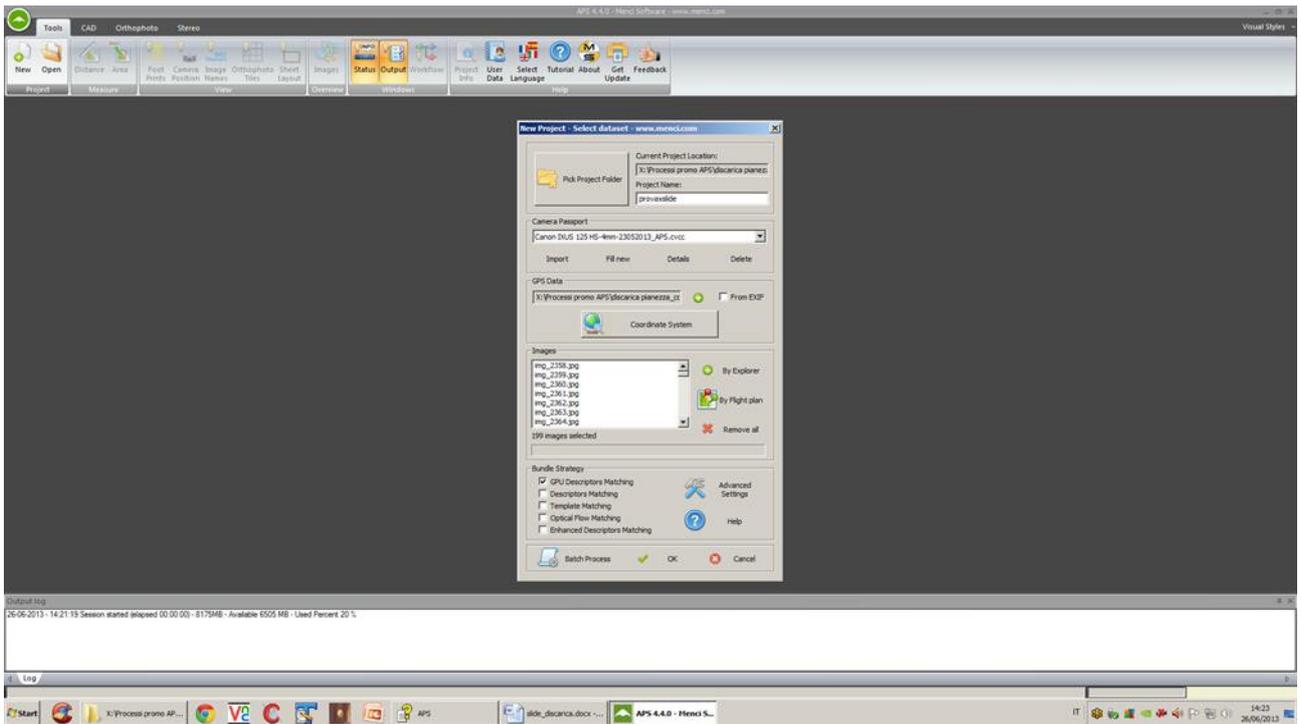


Fig. 1

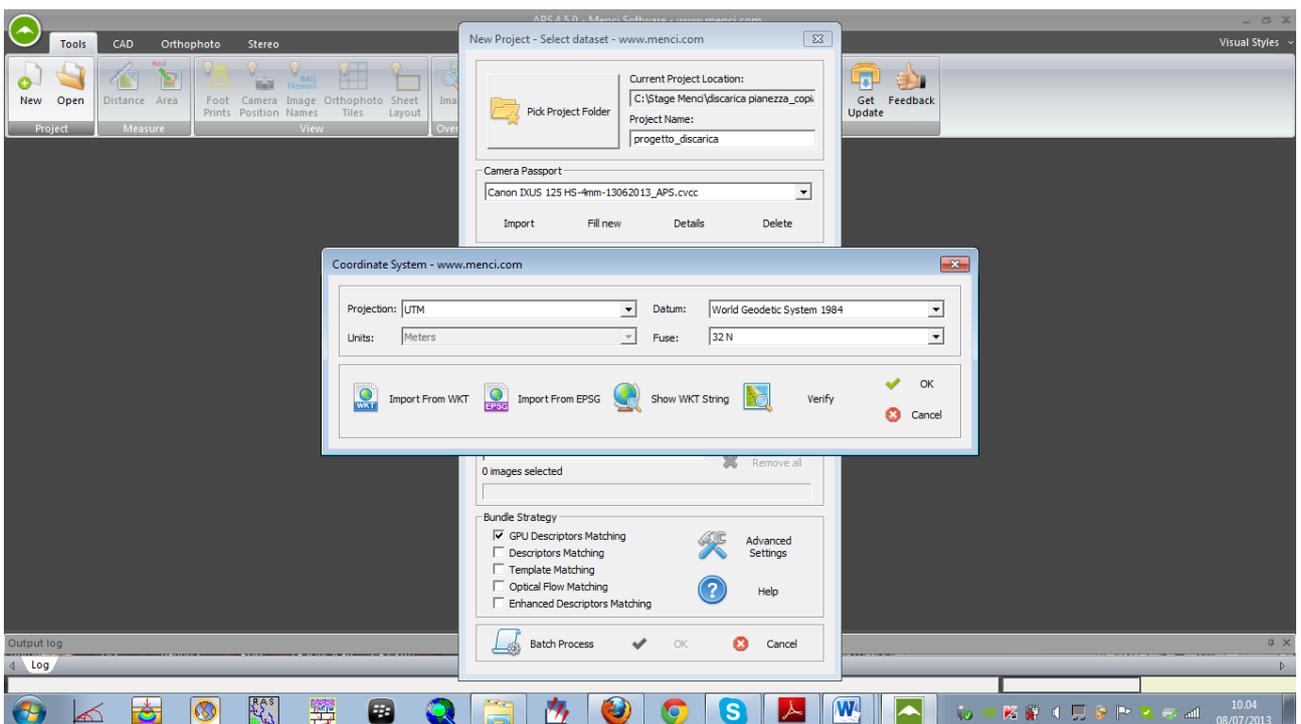


Fig. 2

A questo punto inizia la prima fase del processo di elaborazione (Fig.3-4-5-6-7):

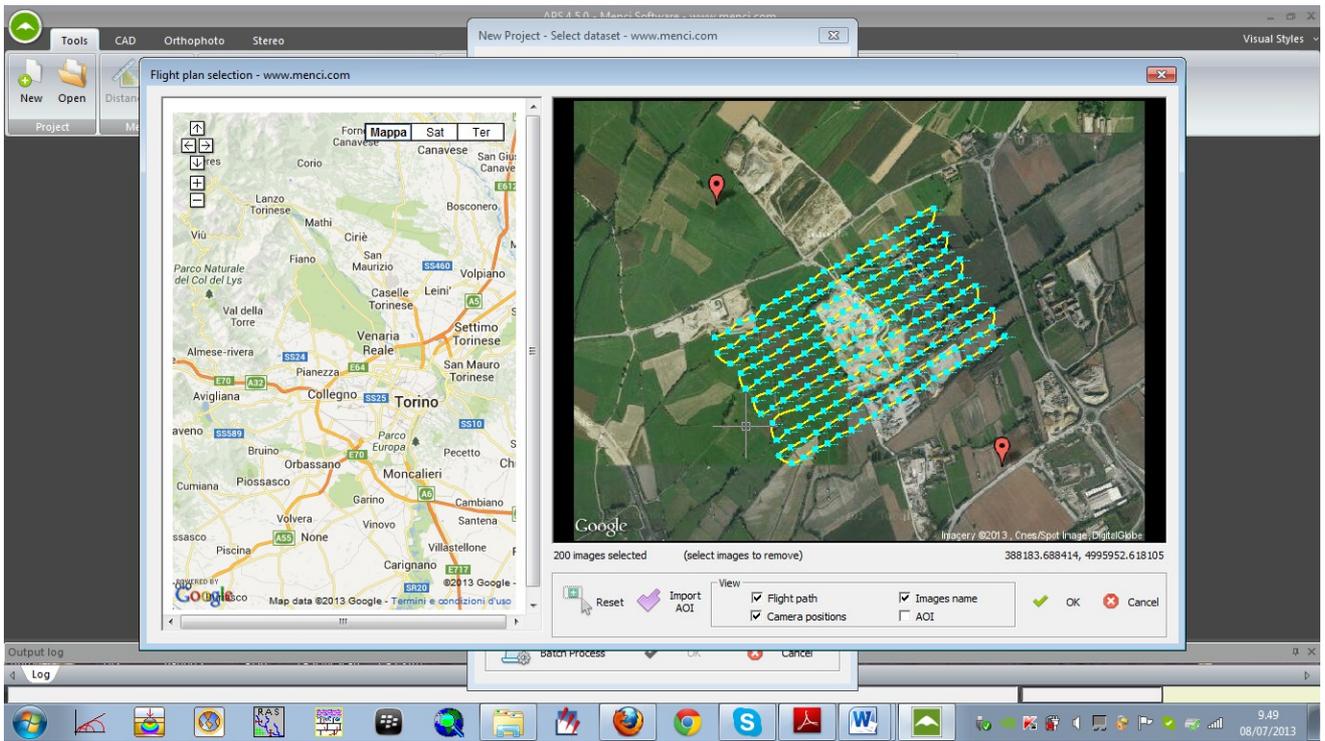


Fig. 3

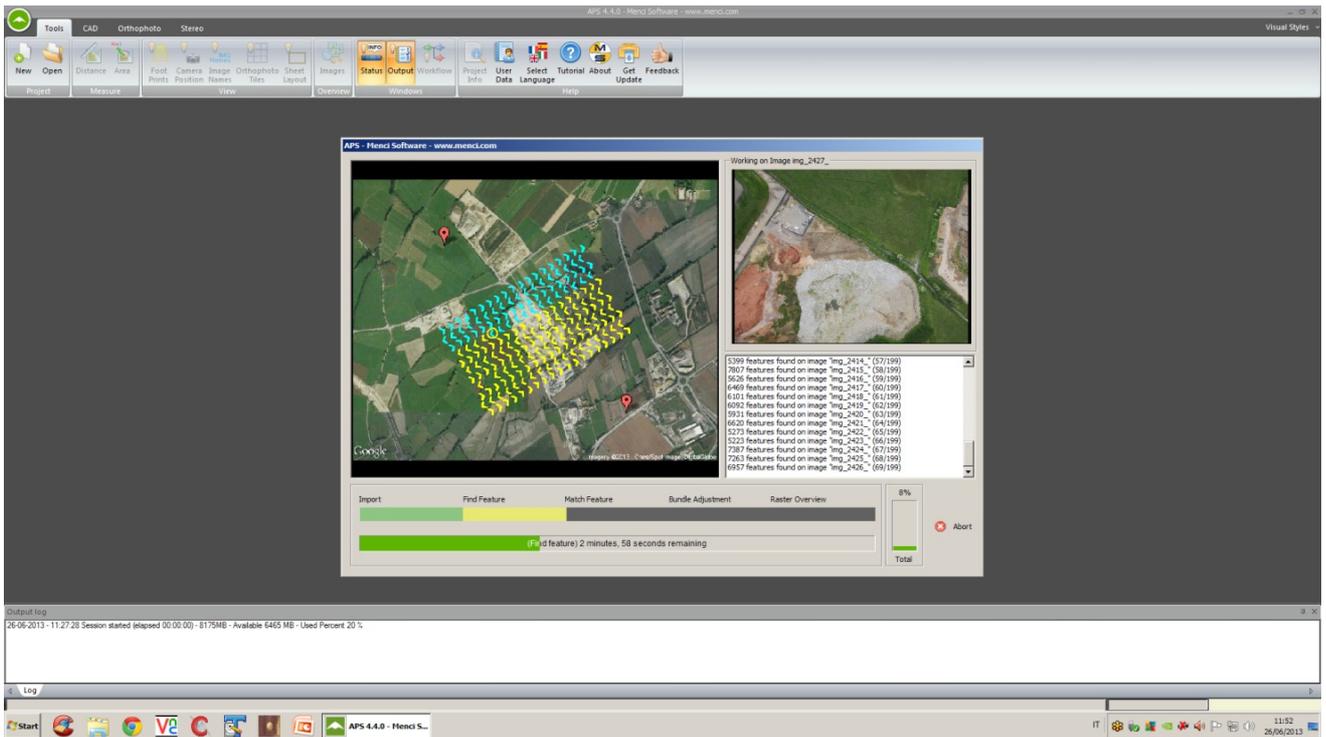


Fig. 4

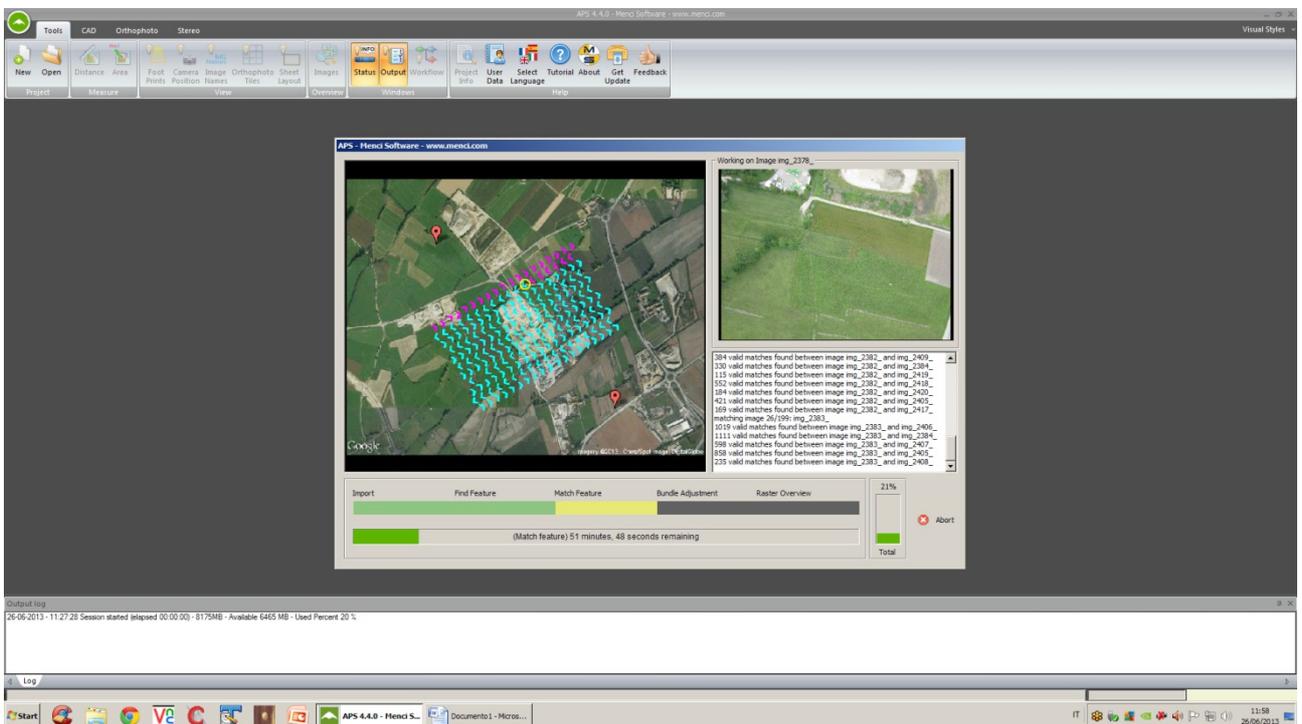


Fig. 5

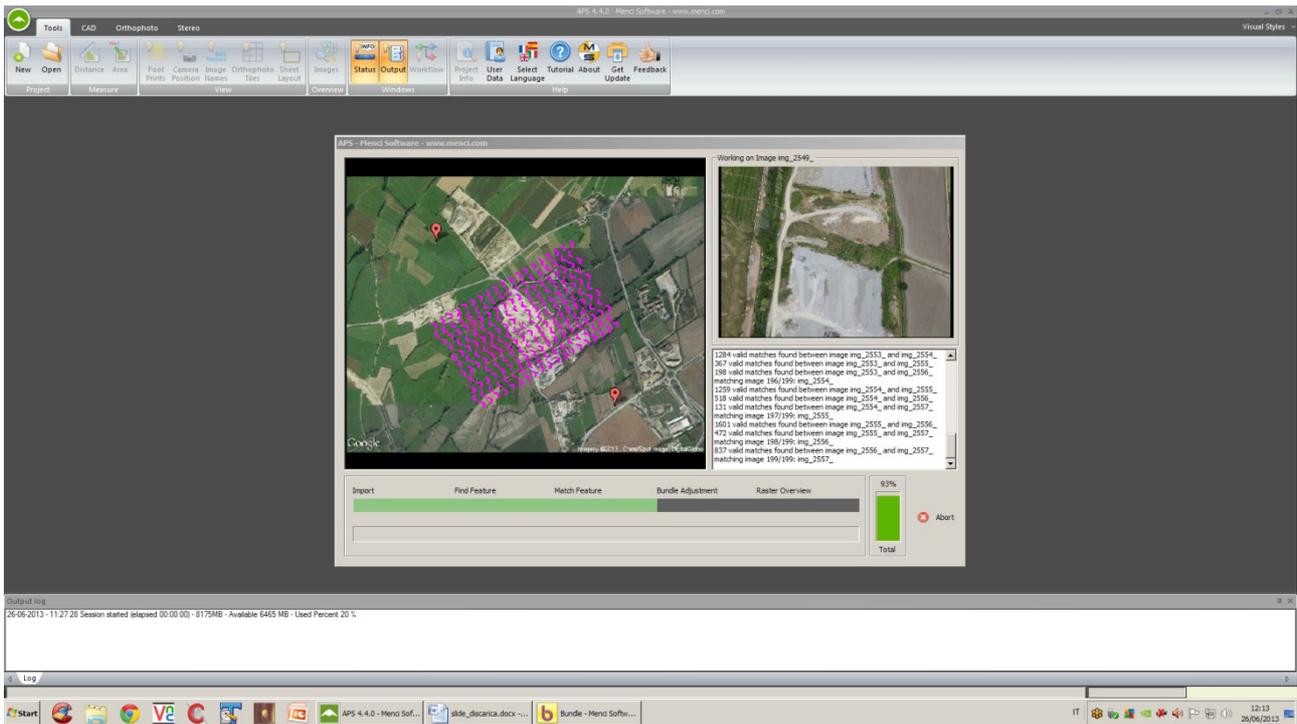


Fig. 6

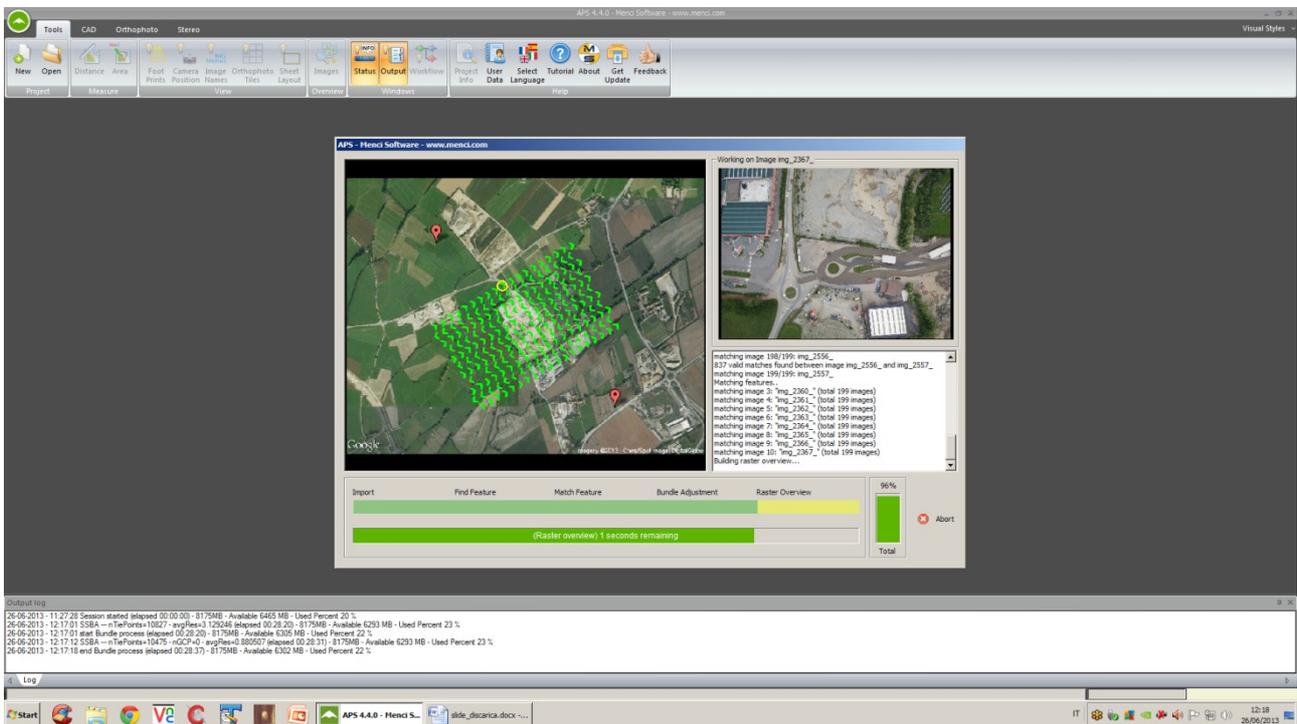


Fig. 7

Il cosiddetto "IMAGE PROCESSING" elabora le 200 immagini tramite l'algoritmo scelto correlandole tra loro, genera una serie di punti di legame tra le immagini (TIE POINTS) e produce i dati di orientamento esterno della triangolazione aerea ed una mappa raster con la posizione del drone al momento dello scatto (Fig.8-9).

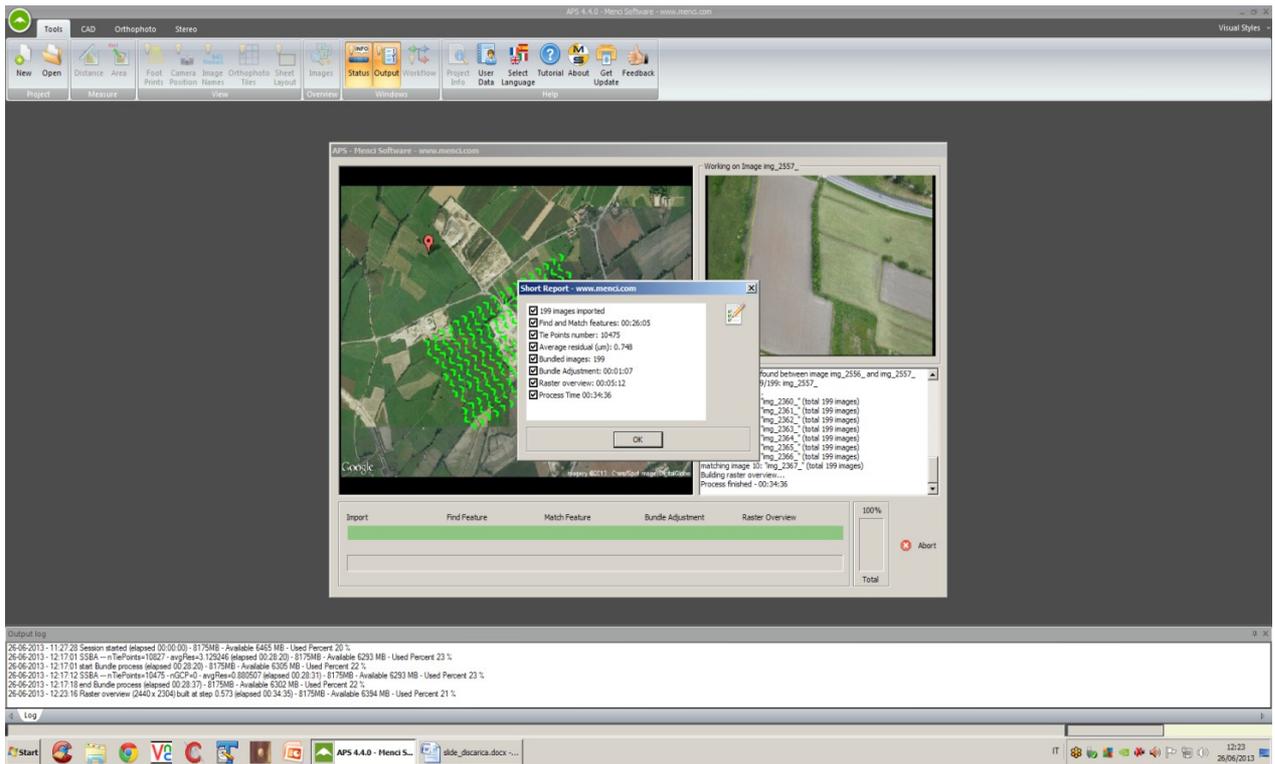


Fig. 8

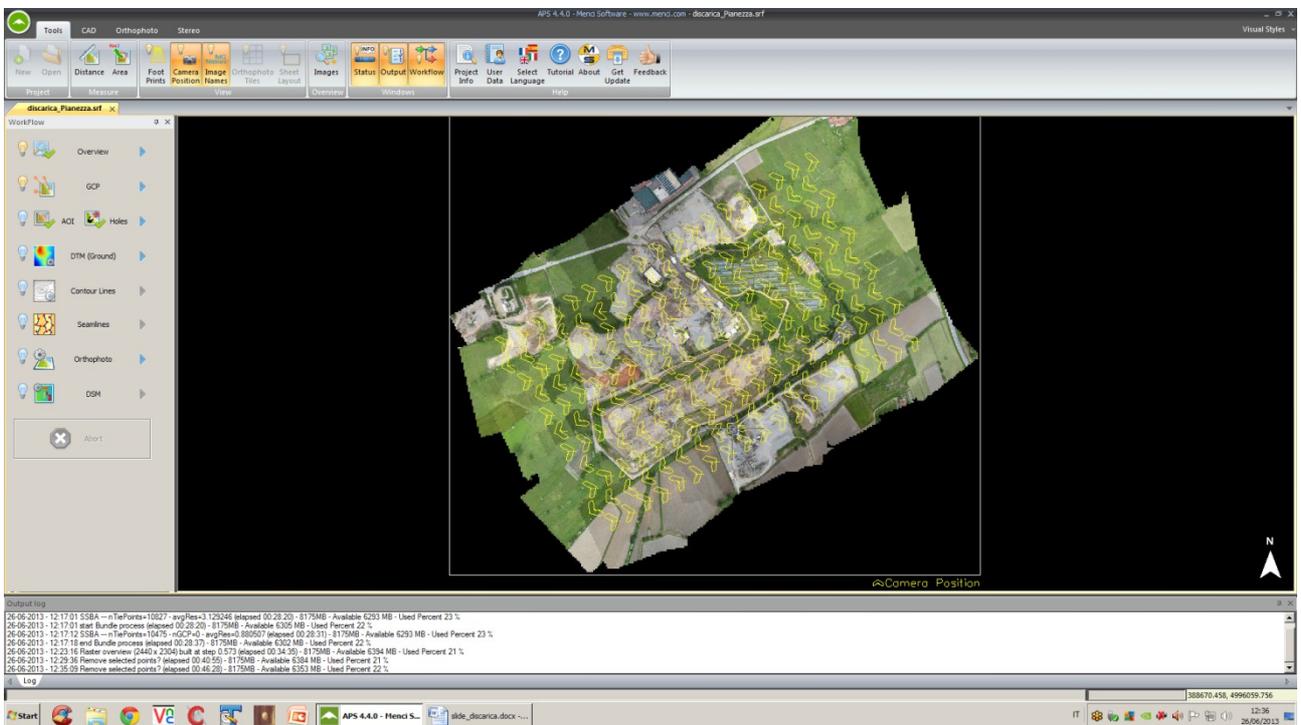


Fig. 9

### 3a- INSERIMENTO GCP

Sul raster appena ottenuto viene caricato il file contenente i punti rilevati sul terreno (i GCP), sempre tramite strumentazione GPS (26 punti, posizionati su target) e sempre in coordinate UTM-WGS84 (Fig.10-11).

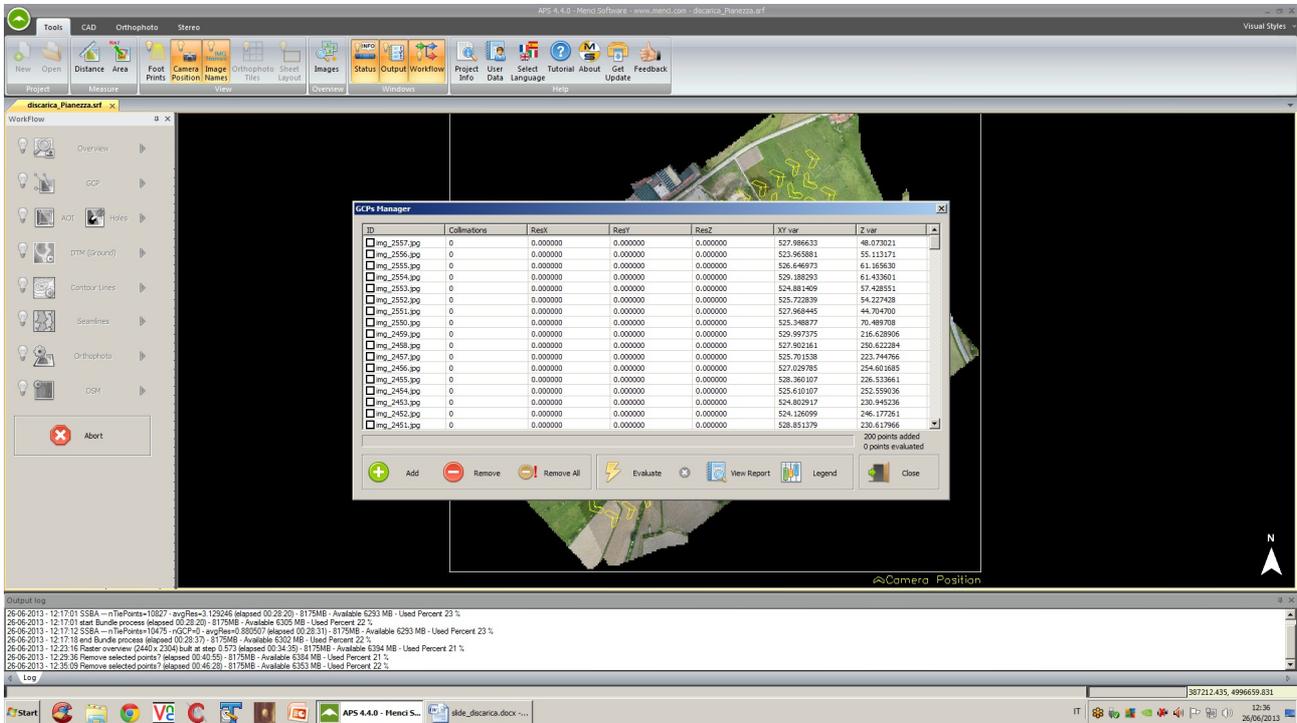


Fig. 10

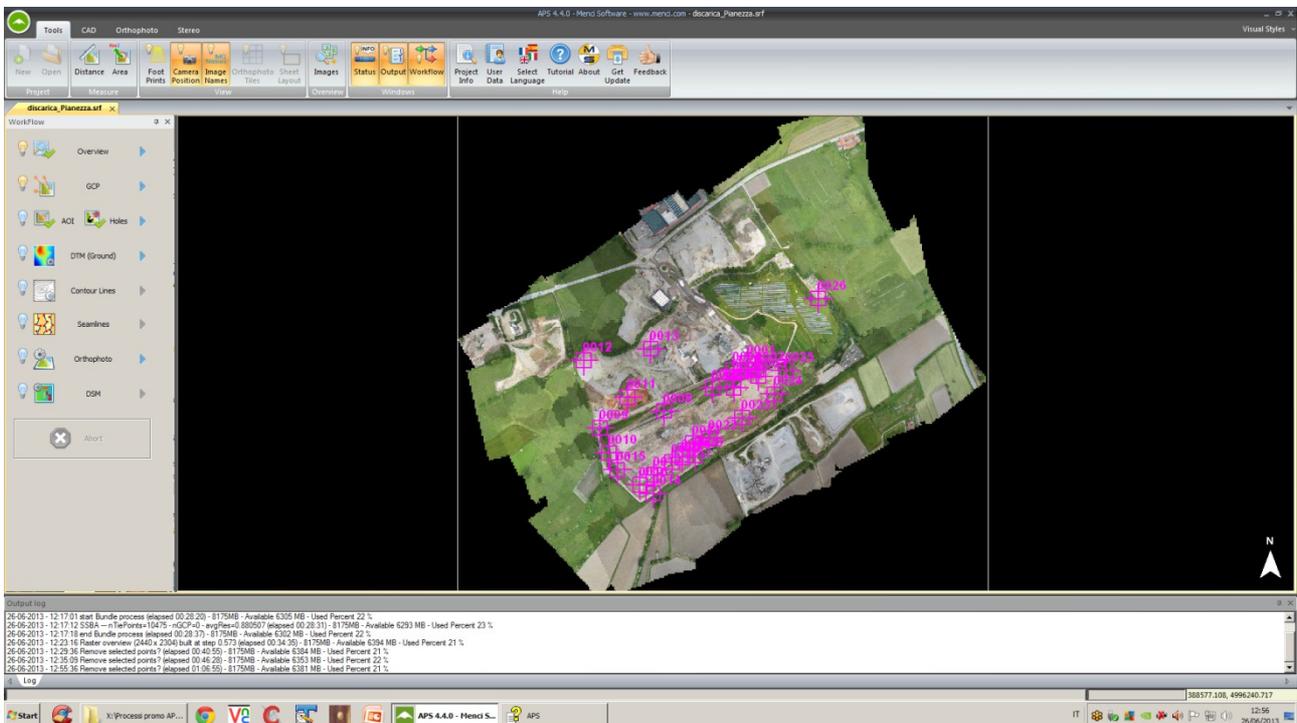


Fig. 11

I vari GCP vengono poi riposizionati uno per uno, immagine per immagine e viene definita l'area di interesse (AOI) comprendente la discarica e le aree di servizio adiacenti (Fig.12-13).

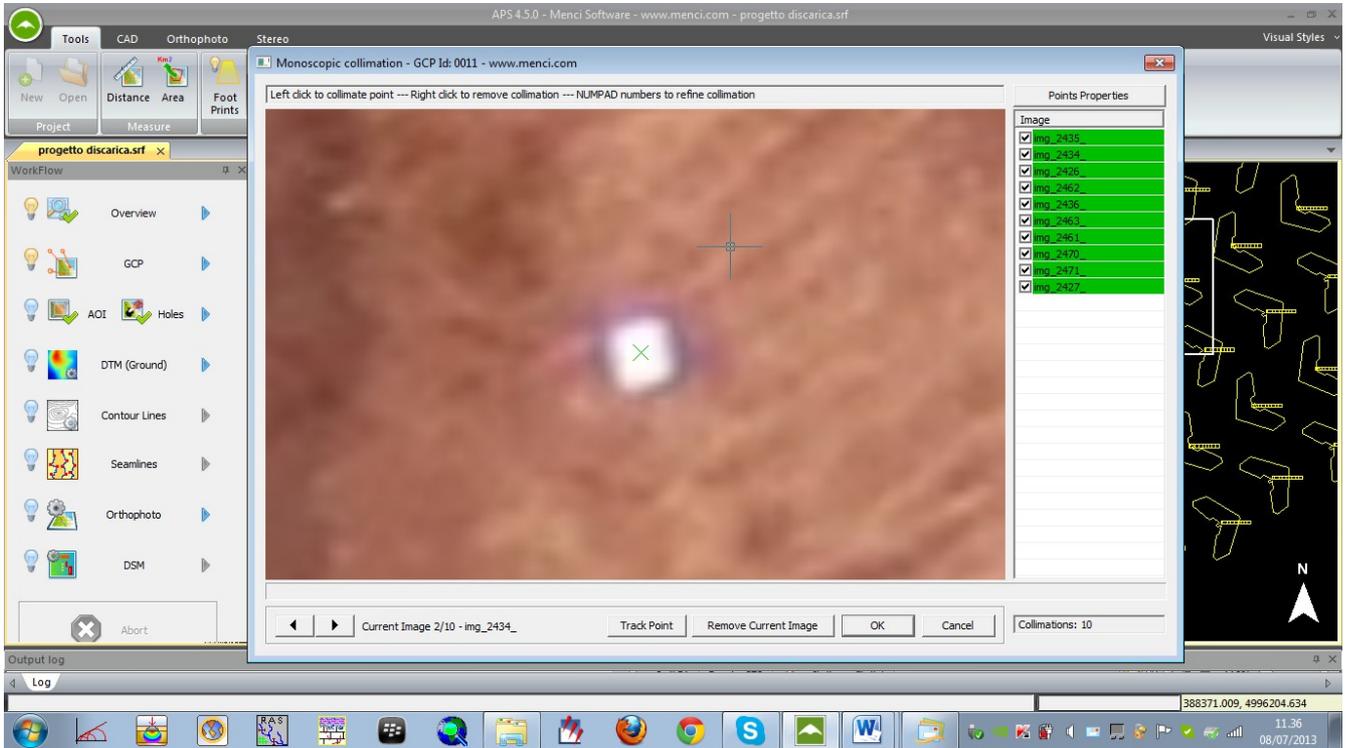


Fig. 12

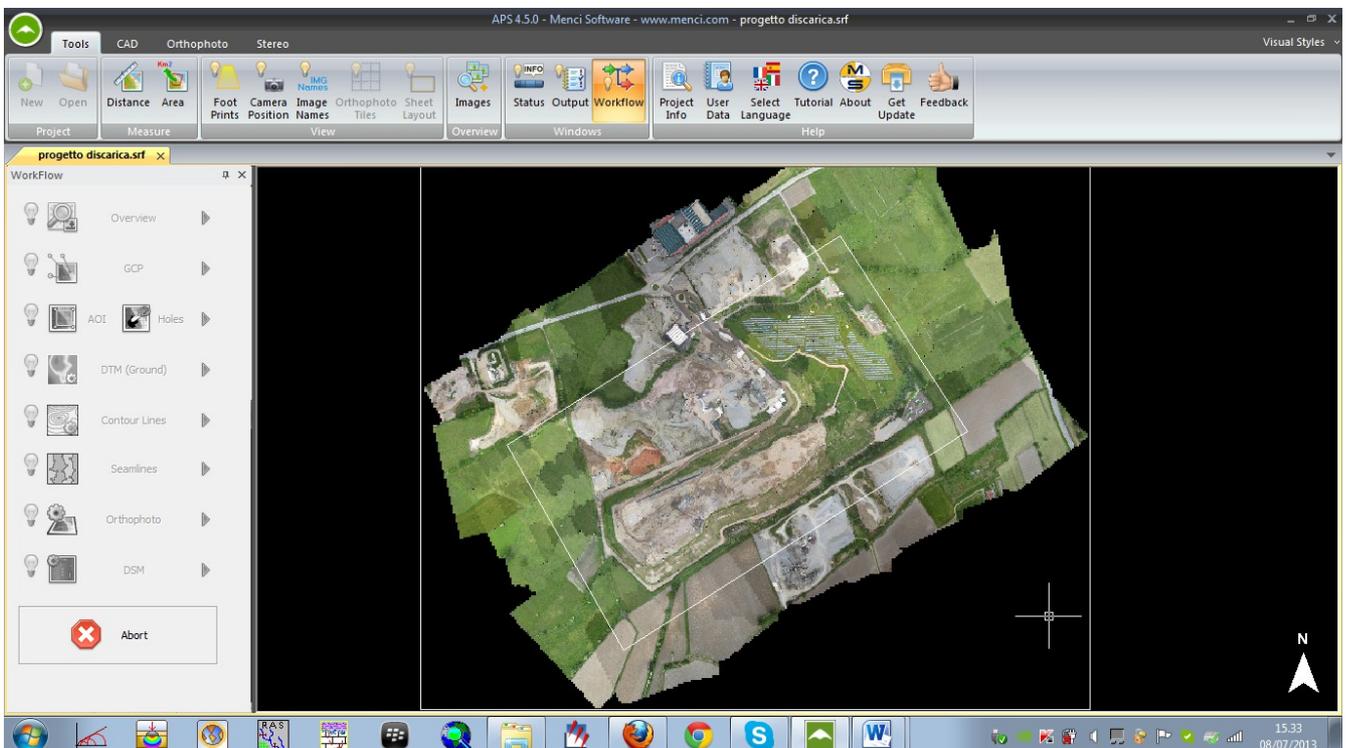


Fig. 13

Allo scopo di ottenere un valore di RSM il più piccolo possibile e quindi per una più corretta elaborazione ed un risultato più attendibile, si è scelto di escludere da tutto il procedimento di elaborazione 3 GCP (il n.o 14 - 15 e il n.o 19). Il risultato è visibile nella slide seguente e mostra come l'RSM della gran parte dei GCP sia inferiore ai 10 centimetri (Fig.14-15):

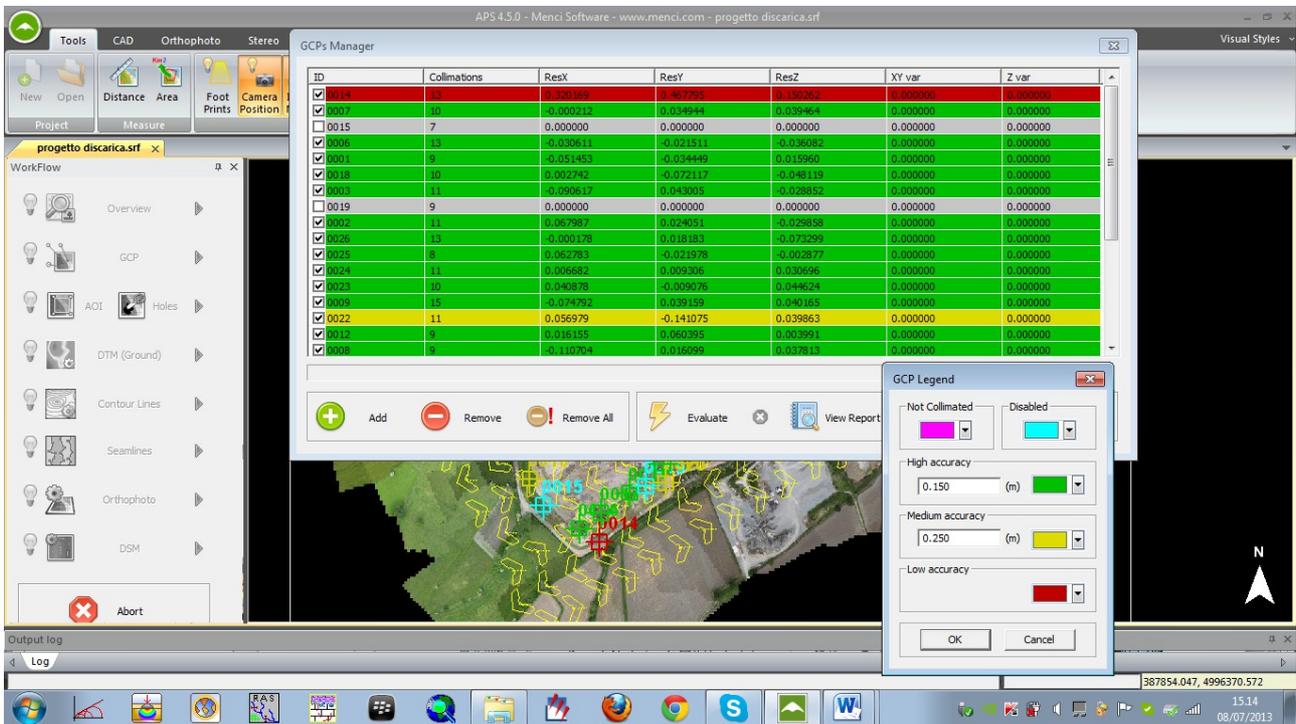


Fig. 14

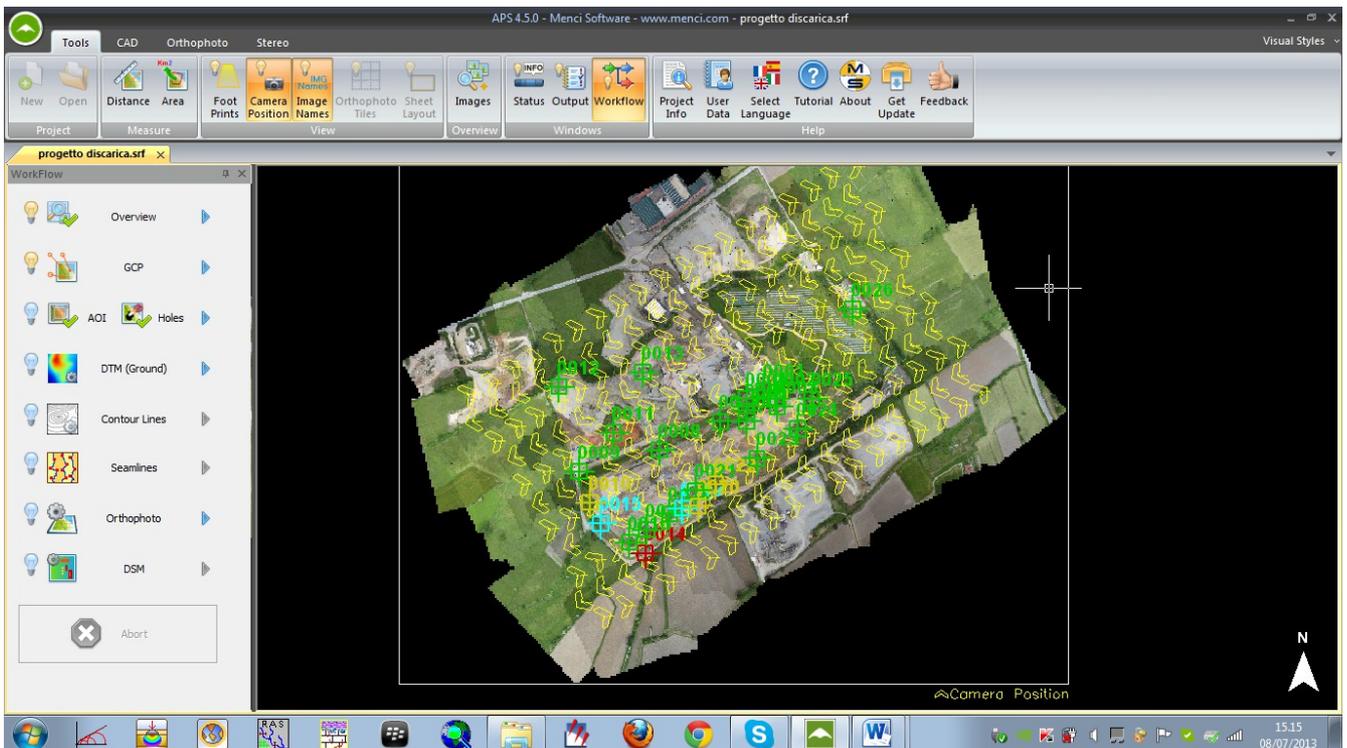


Fig. 15

#### 4- ESTRAZIONE DEL DTM, ORTOFOTO, POINT CLOUD E DSM

##### 4a- DTM (Digital Terrain Model)

A questo punto si è lanciata l'elaborazione per l'estrazione del DTM che rappresenta solamente la superficie morfologica analizzata (a differenza, come vedremo in seguito, del DSM il quale tiene conto anche delle aree urbanizzate e della vegetazione).

APS genera un DTM con uno step 50 volte più grande del GSD medio (Ground Sample Distance) ovvero del pixel a terra.

Il DTM ottenuto per l'AOI considerata è caratterizzato da un GSD di 2,86 m.

Il DTM è propedeutico alla generazione successiva dell'ortofoto.

Il modello ottenuto è caratterizzato da quote che variano tra 420 e 350 m.

Il livello di dettaglio del DTM può essere impostato dall'utente e varia a seconda della morfologia dell'area indagata, più esattamente si ha un DTM di maggior dettaglio (nel senso che viene applicato un filtraggio meno spinto) nei casi di morfologie particolarmente pulite da elementi in quota come case ed alberi.

Nel caso si abbia molti elementi in quota rispetto alla superficie morfologica si tende ad utilizzare un livello di dettaglio da medio a basso, (come in questo caso, Fig.16).

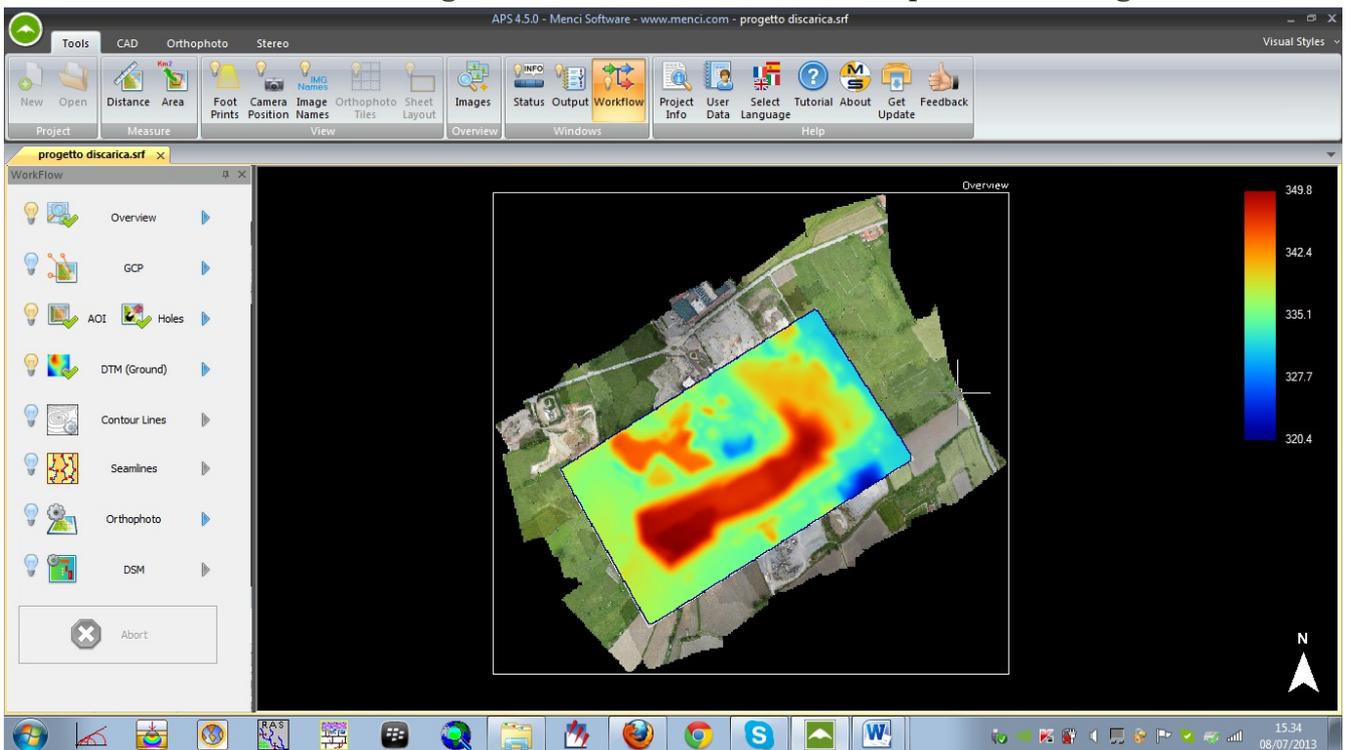
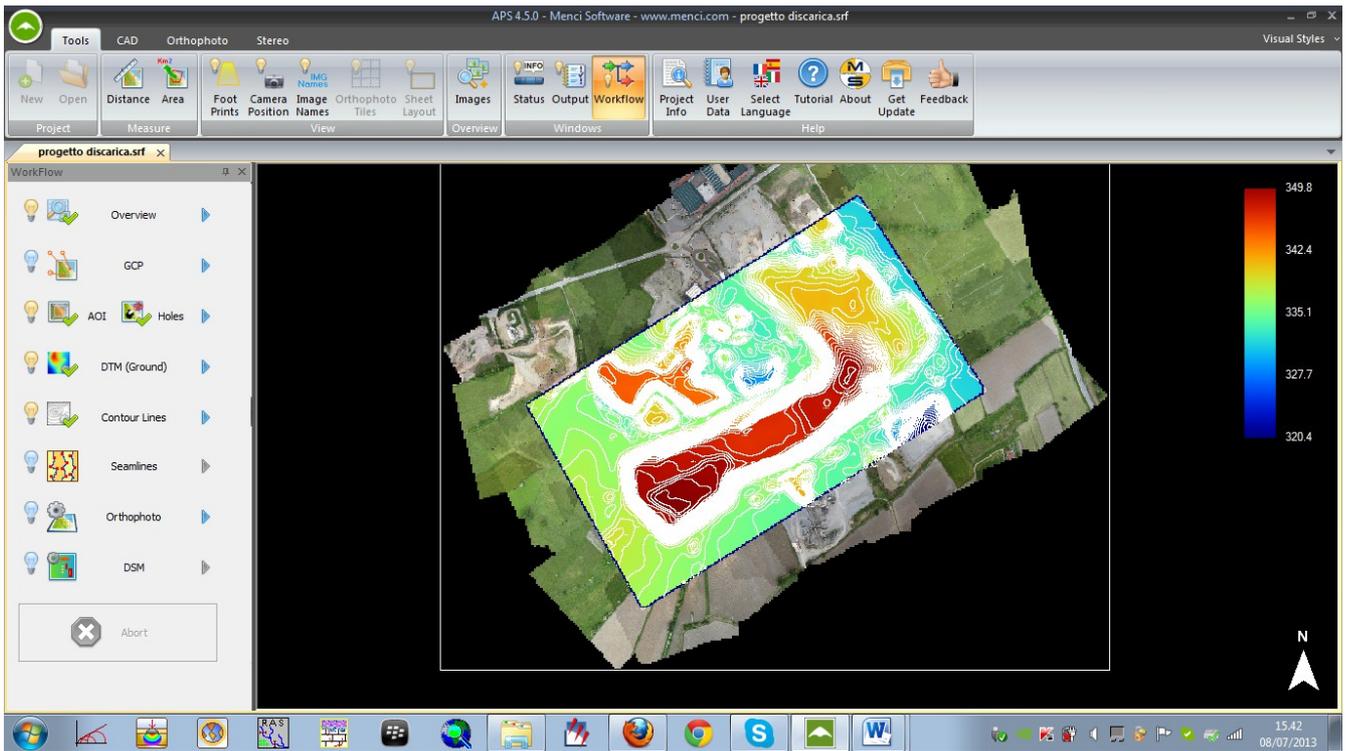
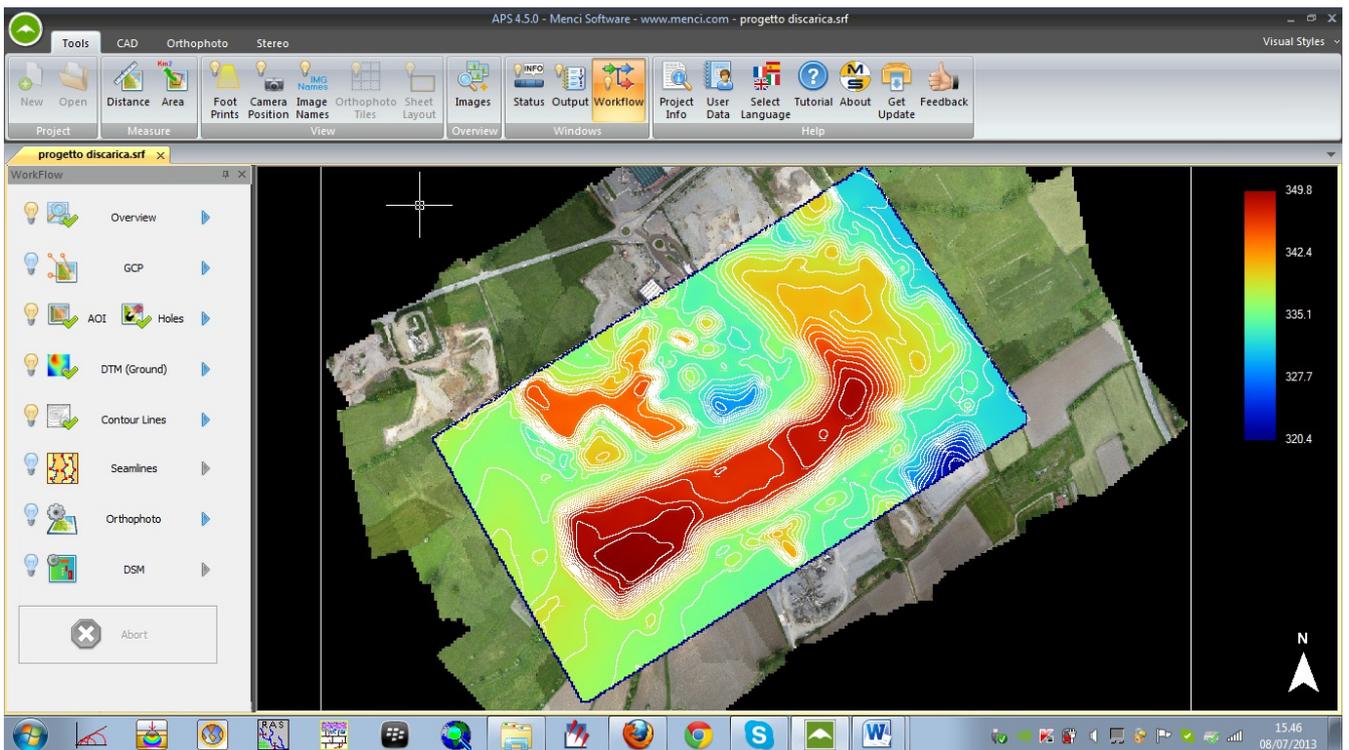


Fig. 16

Successivamente sono state realizzate (e sovrapposte al DTM) le curve di livello (nel nostro caso ogni mezzo metro-Fig.17 e ogni metro-Fig.18) che hanno permesso di evidenziare in maniera più semplice e diretta l'andamento morfologico dell'area studiata.



**Fig. 17**



**Fig. 18**

#### 4b- ORTOFOTO

Allo scopo di ottenere un ortomosaico il software prende le informazioni dai vari fotogrammi e li unisce insieme nel mosaico finale tenendoli uniti attraverso le seamlines (Fig.19-20-21).

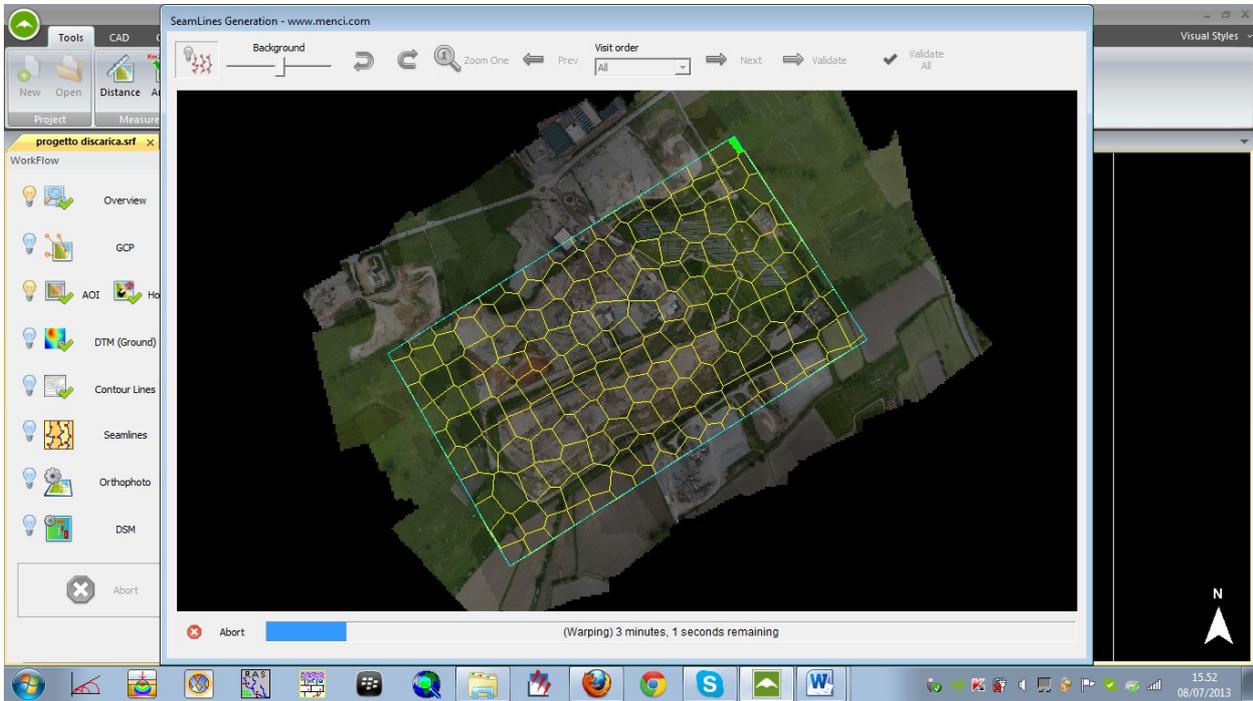


Fig. 19

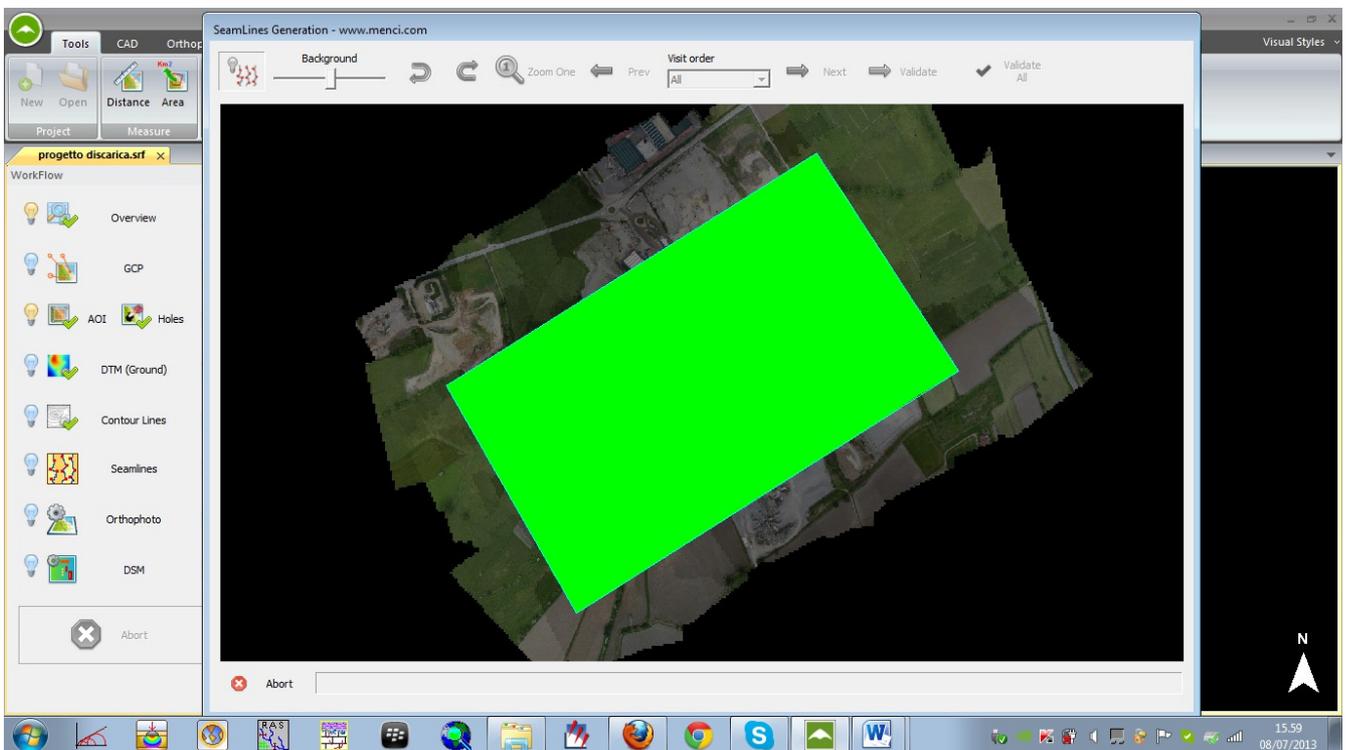
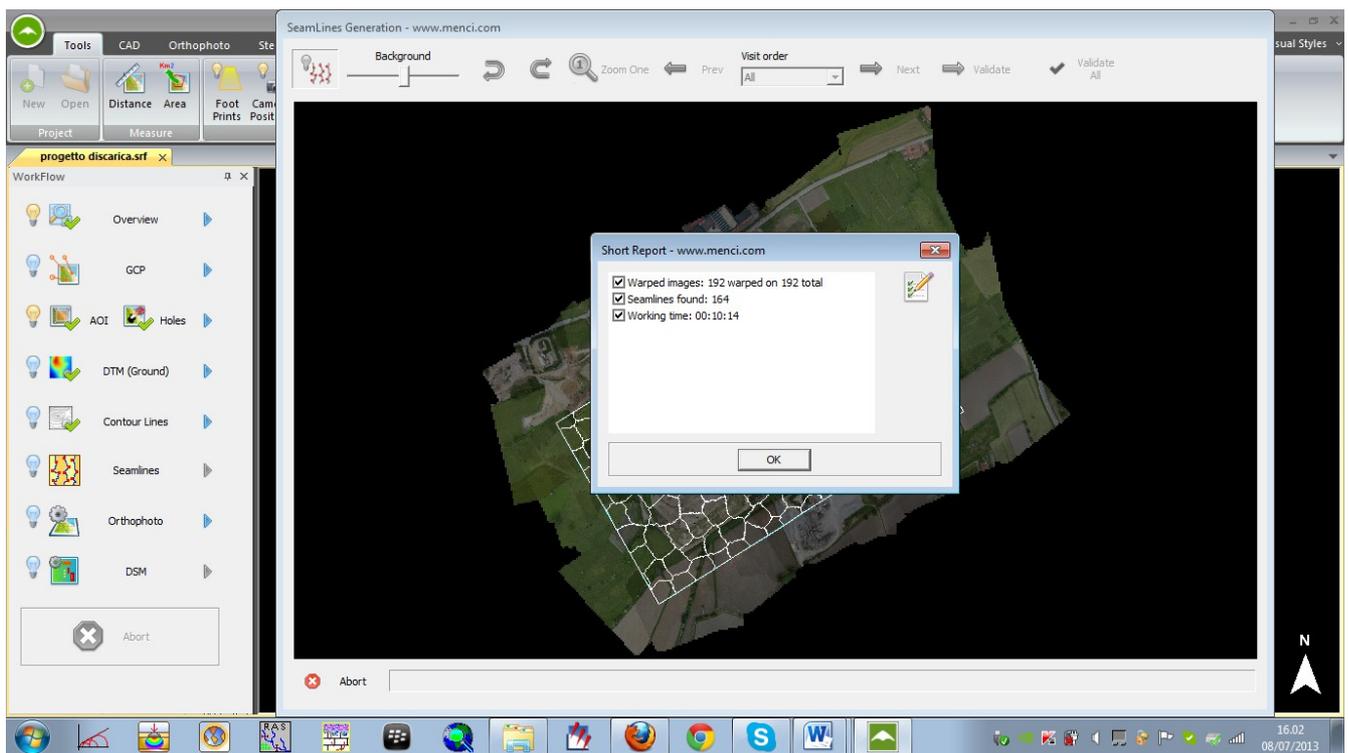


Fig. 20



**Fig. 21**

Ogni seamline è stata successivamente ripermetrata e modificata tramite editing allo scopo che ogni singola entità, come edifici e viabilità, ricadesse all'interno della stessa seamline ottenendone così una più corretta visualizzazione nell'ortofoto finale (Fig.22-23).

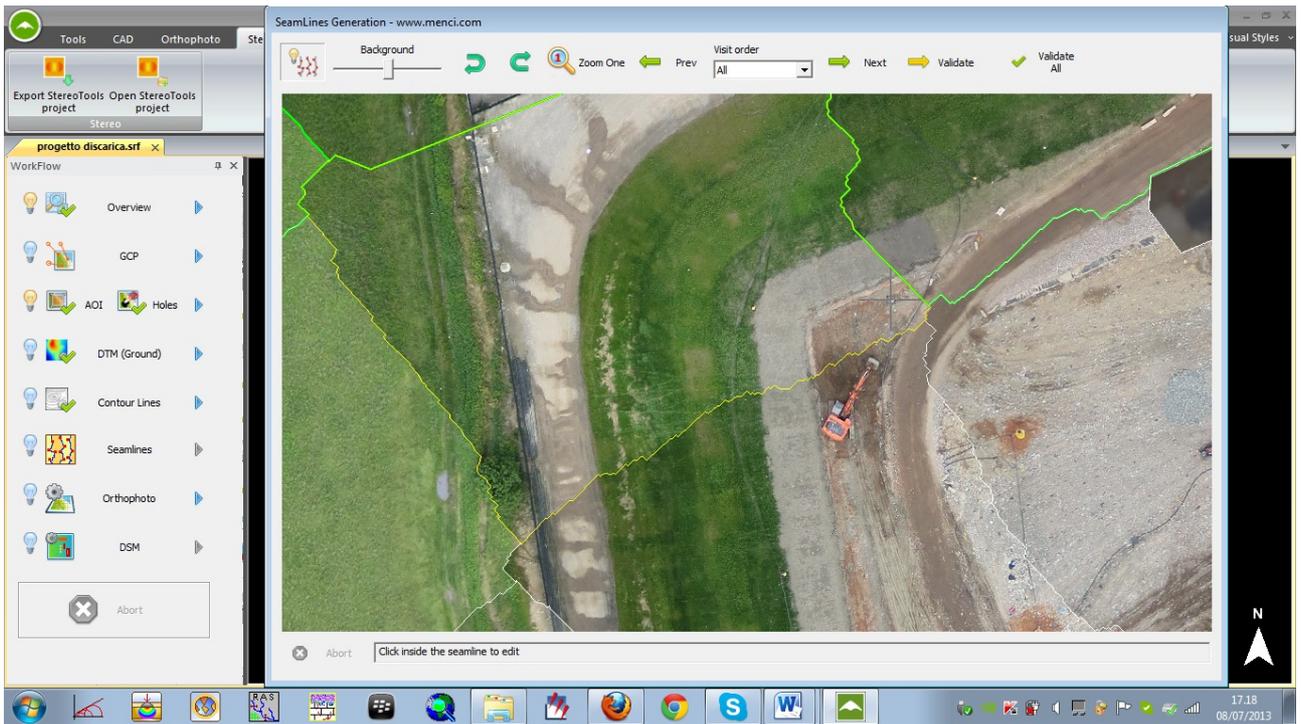


Fig. 22

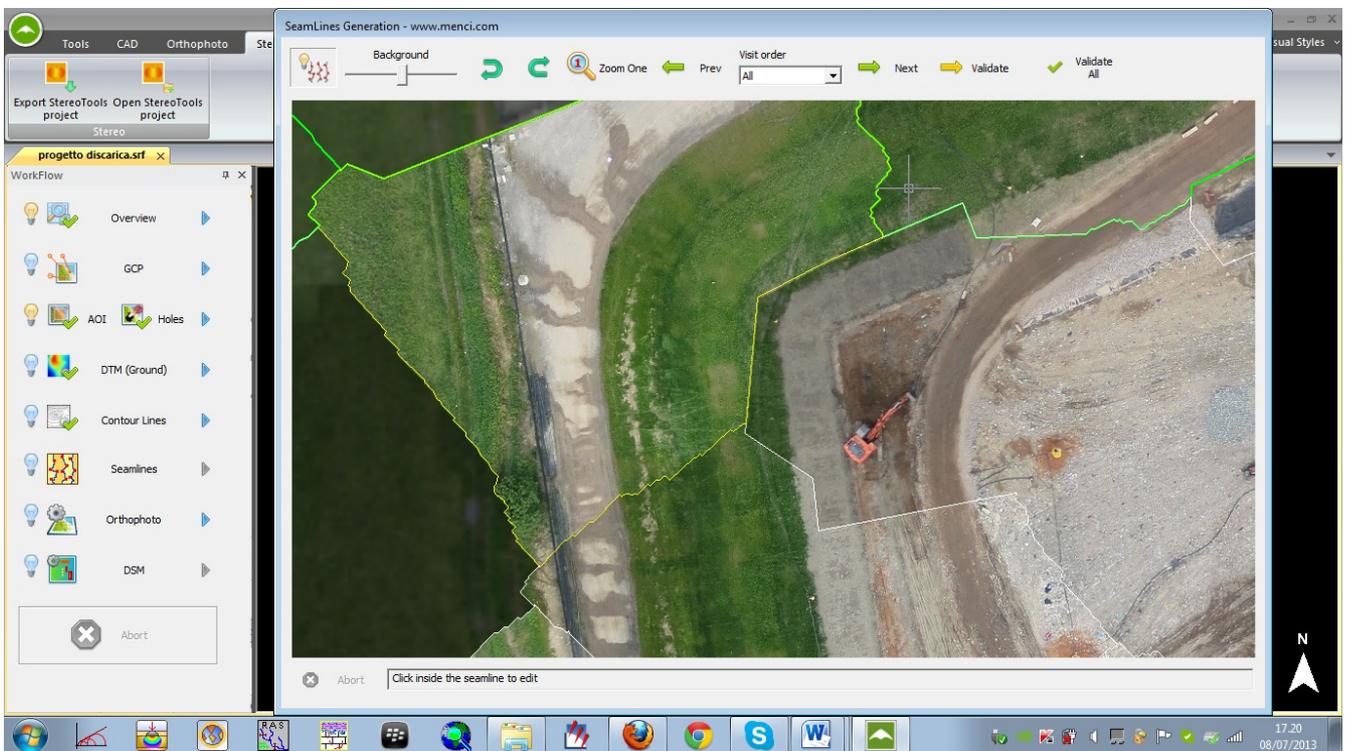
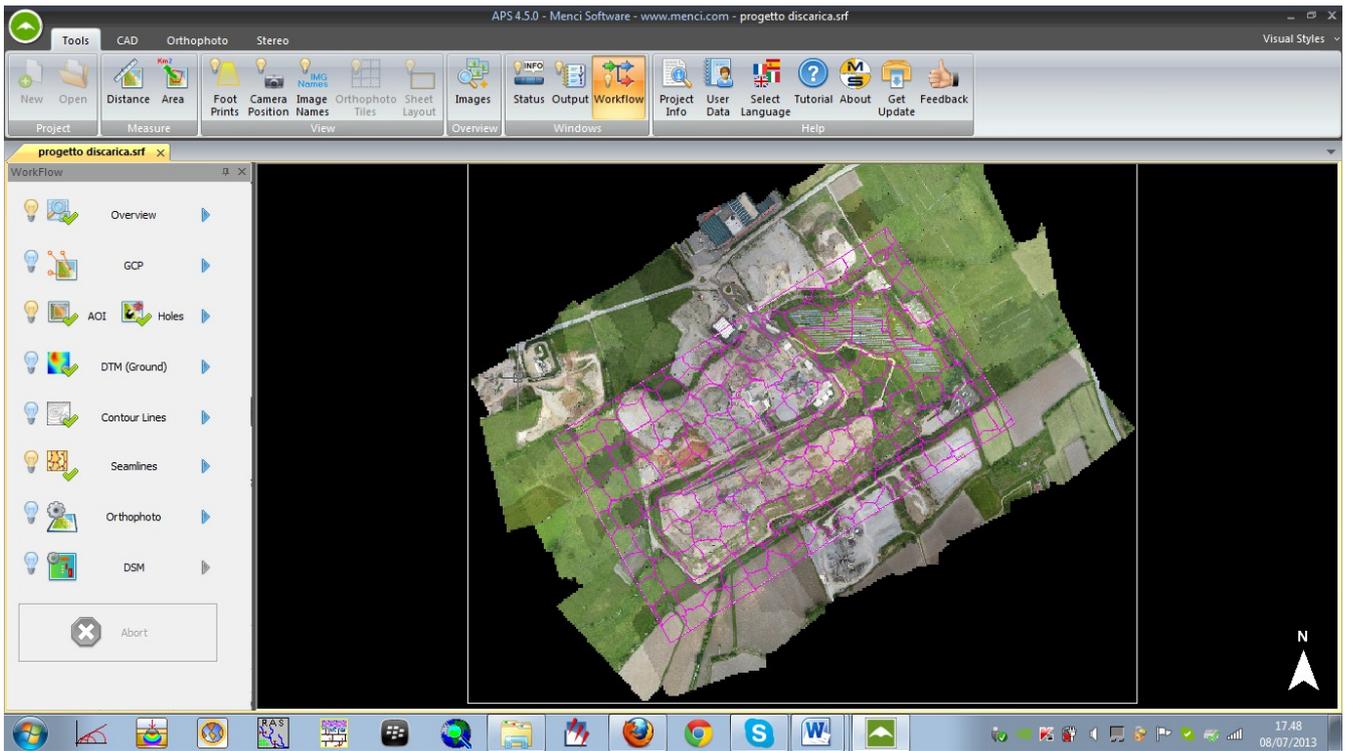
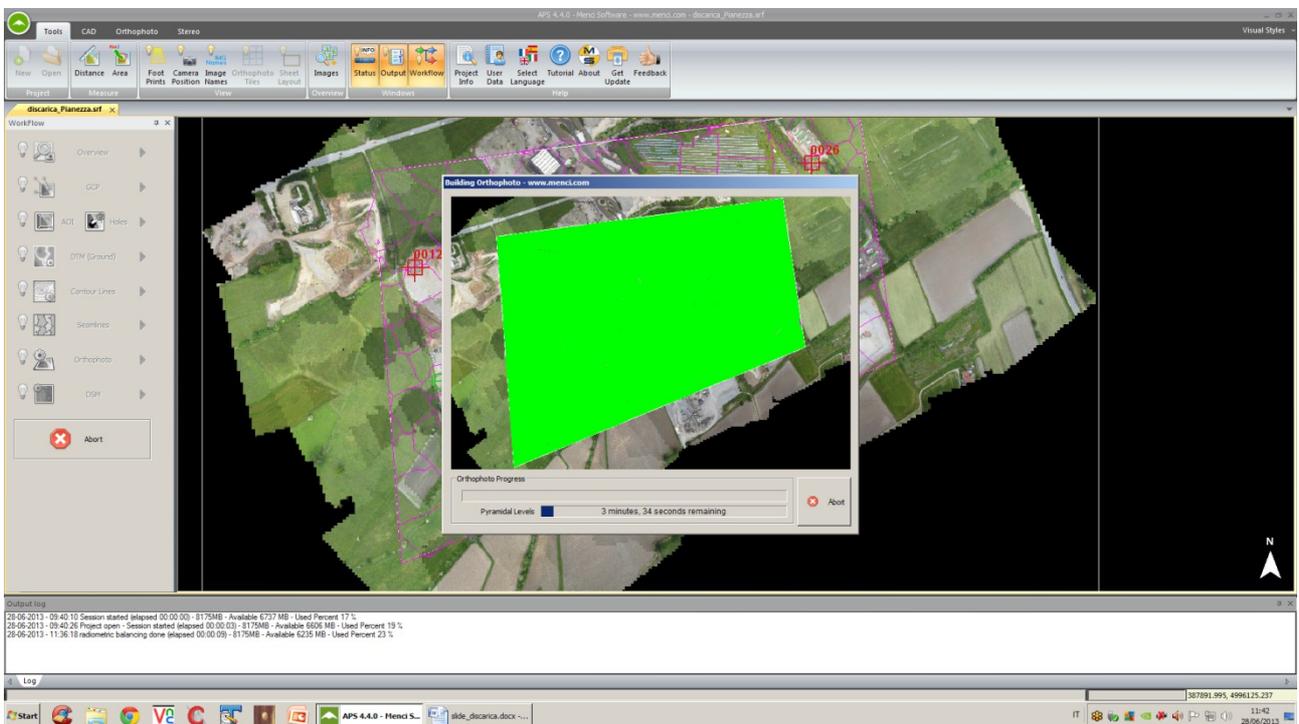


Fig. 23



**Fig. 24**



**Fig. 25**

L'ortofoto è stata prodotta tenendo conto del valore del pixel /GSD e del bilanciamento radiometrico (Fig.26)

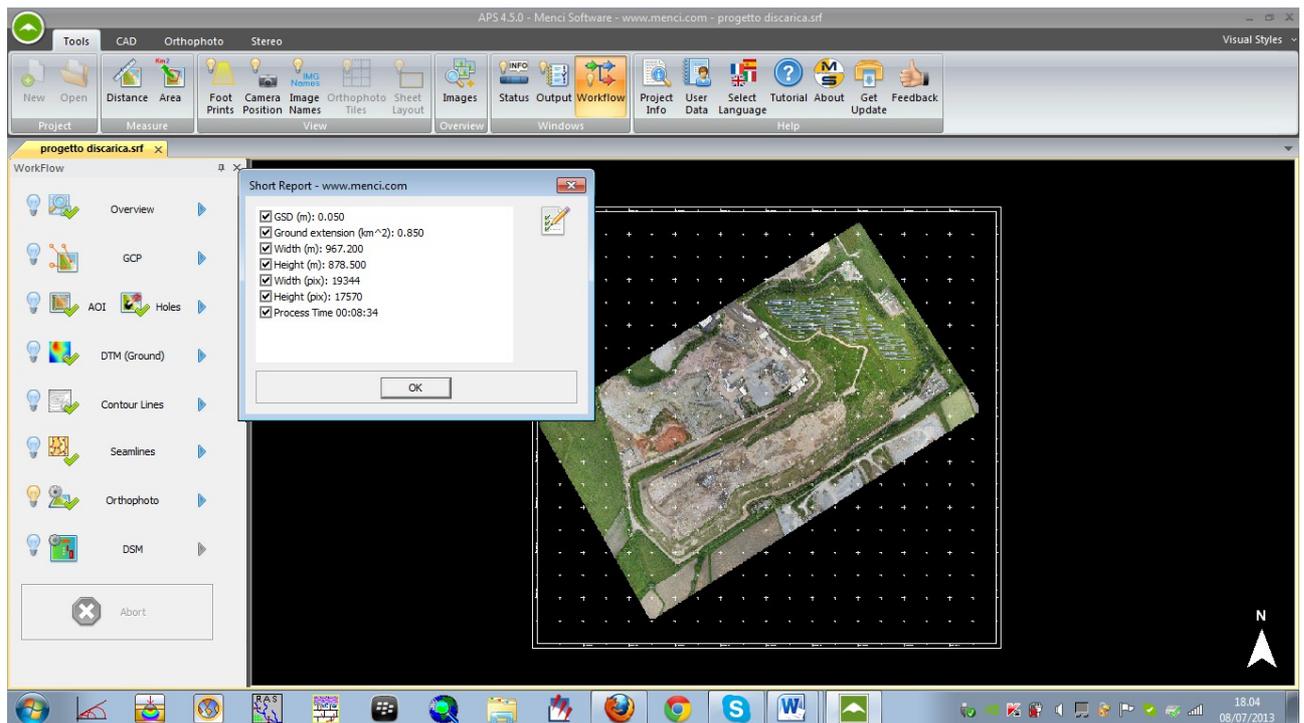


Fig. 26

#### 4C- GOOGLE EARTH TILER

Tramite il tool di post processing di dati raster georeferiti Google Earth Tiler, esso permette di sovrapporre un ortofoto prodotta come un layer su Google Maps o Google Earth rendendola disponibile per consultazioni e documentazioni da parte degli utenti tramite un indirizzo web (Fig. 27-28-29).

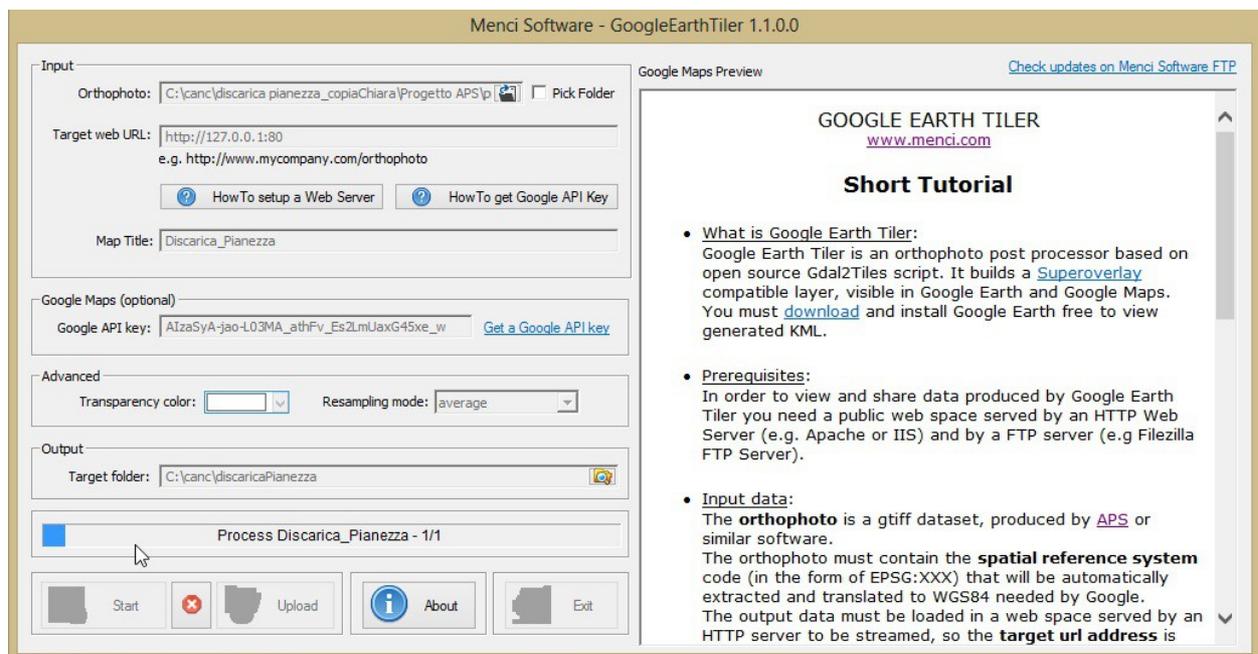
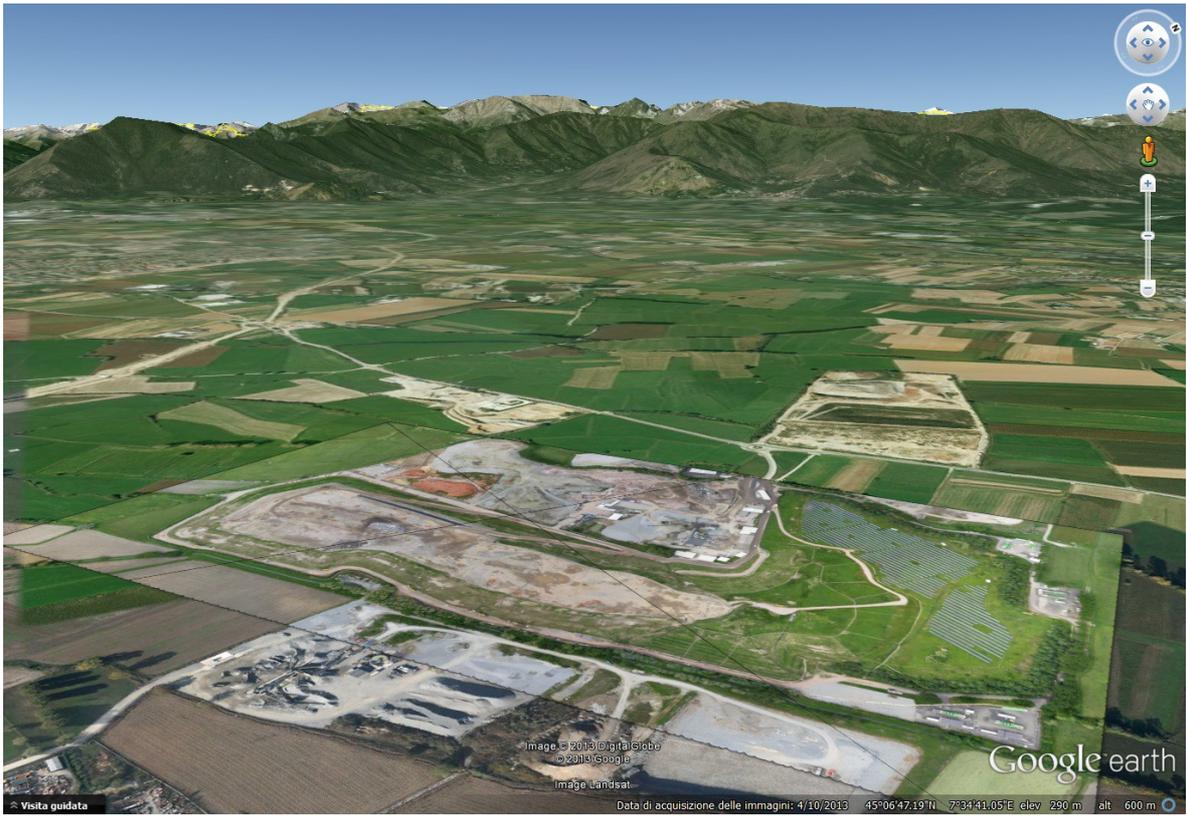


Fig. 27



**Fig. 28**



**Fig. 29**

#### 4C- POINT CLOUD (o nuvola di punti)

La POINT CLOUD è un modello 3D costituito da insieme di punti ognuno dei quali possiede informazioni geografiche e colorimetriche RGB e la cui definizione permette di ottenere un elevato grado di definizione e dettaglio dell'elaborato DSM finale (Fig.30-31-32-33).

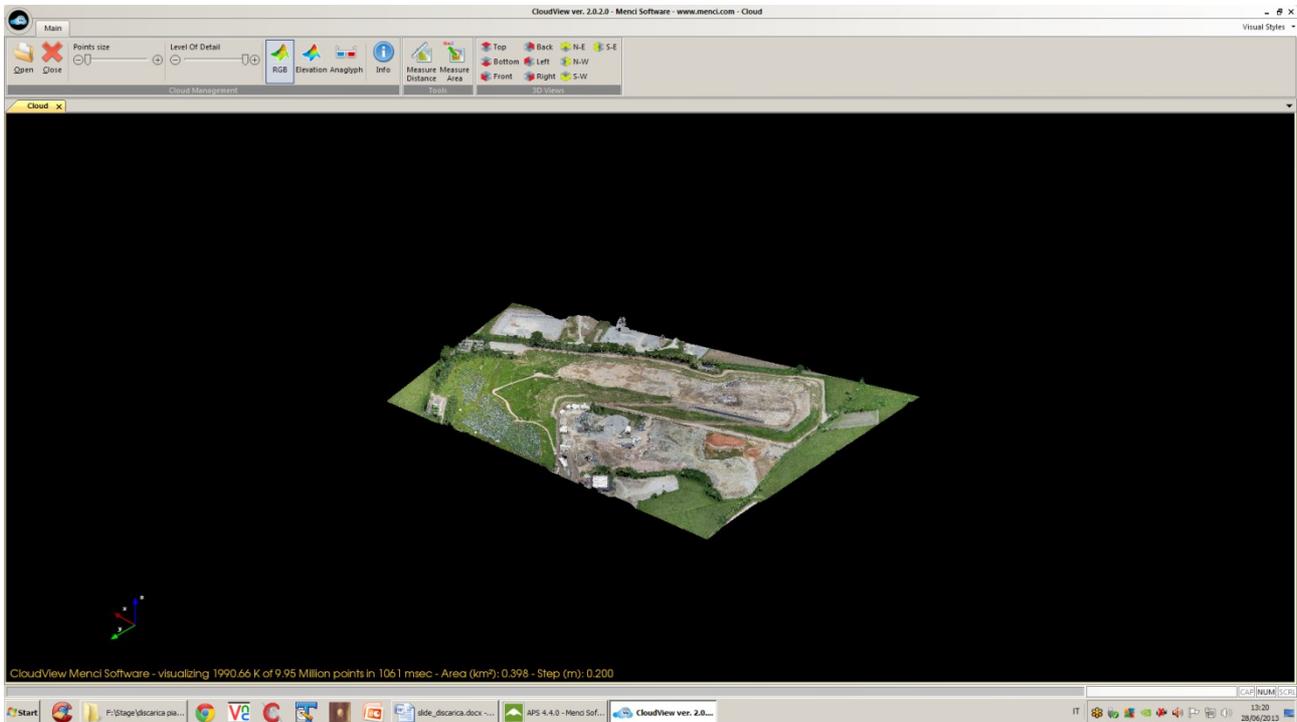


Fig. 30

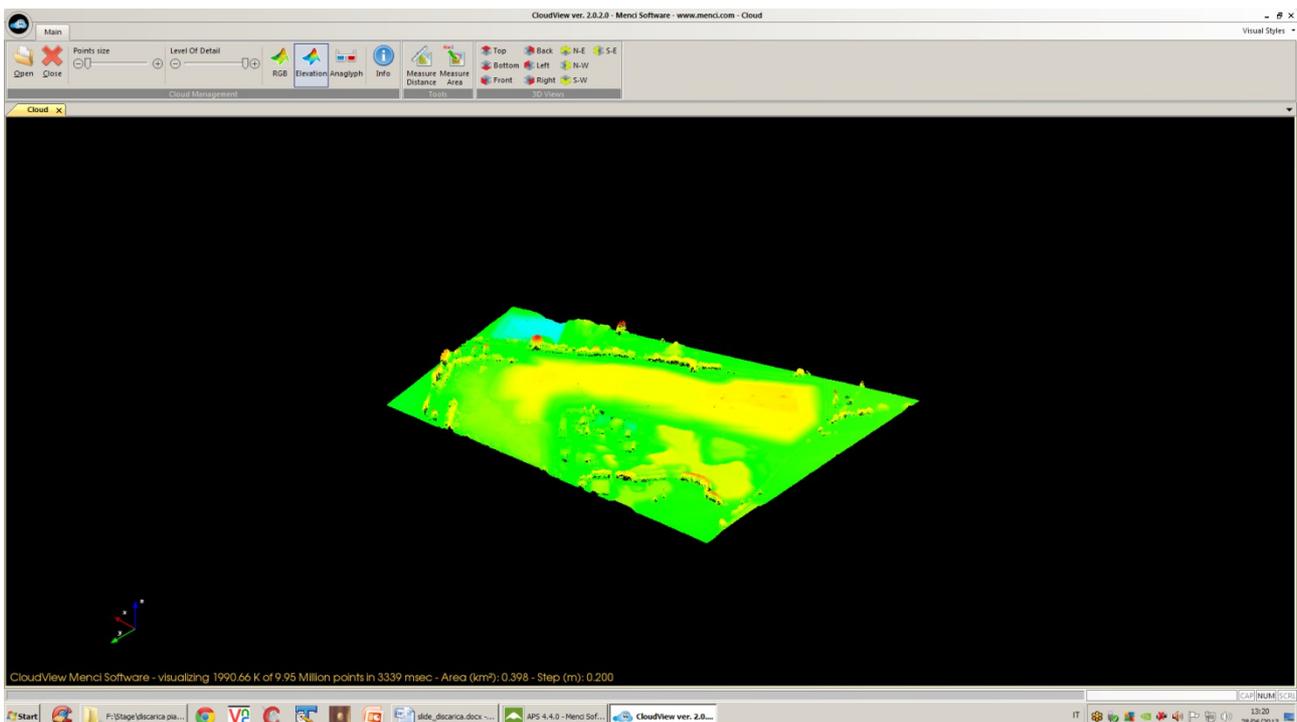


Fig. 31

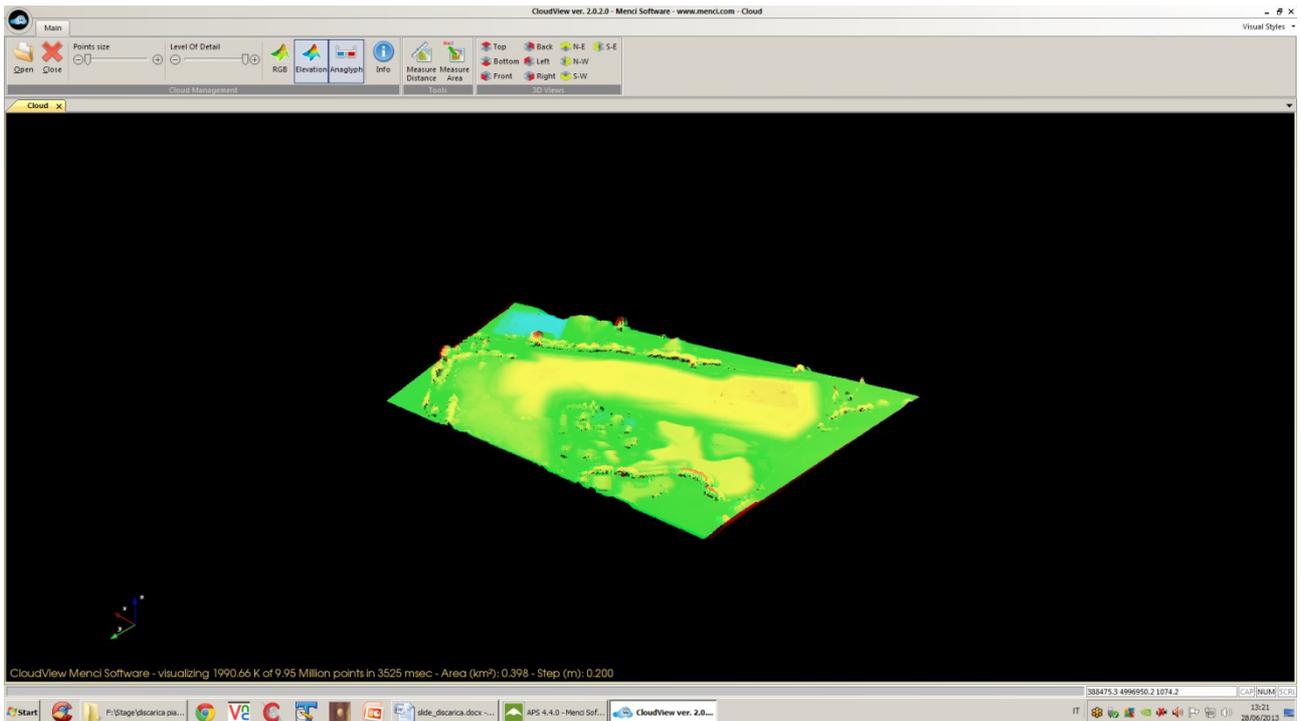


Fig. 32

#### 4d- DSM (Digital Surface Model)

Il DSM è un tipo di modello della superficie morfologica ottenuto senza l'applicazione di alcun filtro e pertanto la sua elaborazione tiene conto di ogni singolo oggetto presente sulla superficie stessa come gli edifici o la vegetazione (Fig.34).

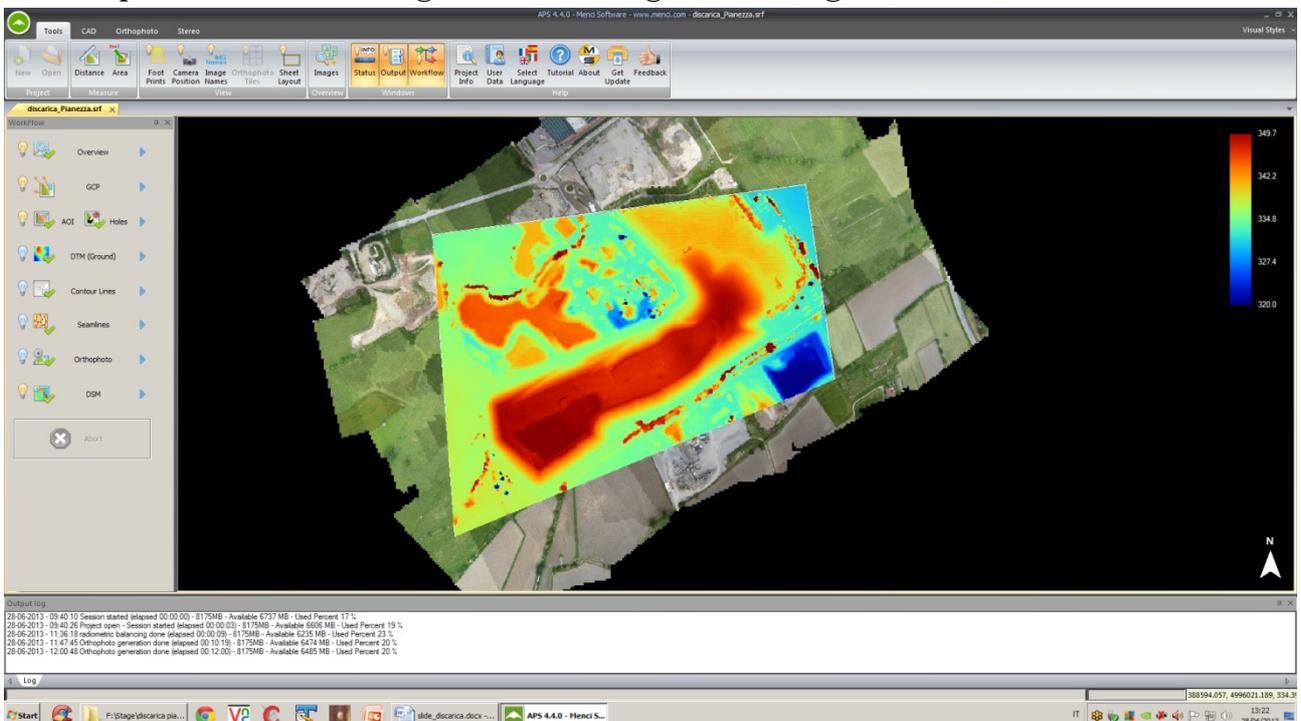


Fig. 33

## 5- EDITING DELL'ORTOFOTO TRAMITE CAD

Tramite i comandi CAD presenti all'interno di APS si è potuto editare l'ortofoto creata e a tale scopo sono stati creati alcuni layers che hanno permesso di classificarla.

E' quindi stata editata l'area della discarica già ripristinata e quella in via di definitivo ripristino, gli edifici (intesi come volumi a servizio dell'attività), le aree per la separazione e la lavorazione dei rifiuti prima del loro collocamento nella discarica, i punti per il monitoraggio, la viabilità e le aree agricole (Fig.35-36-37).

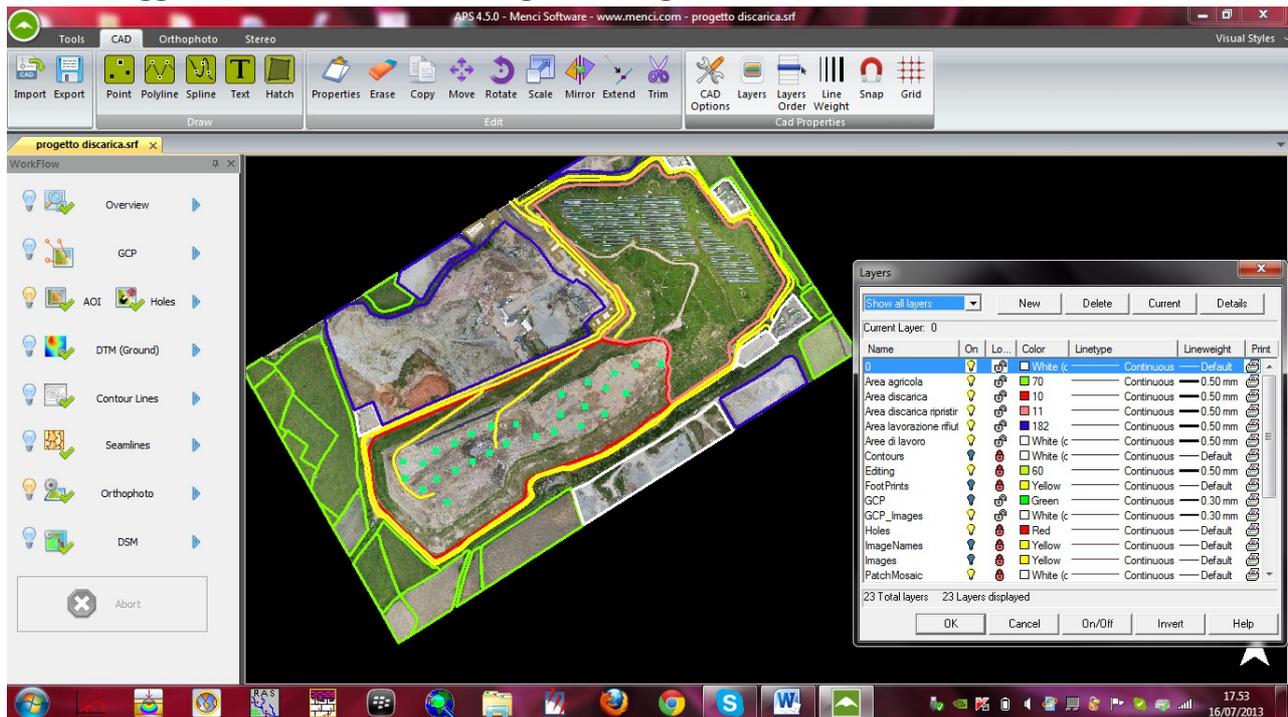


Fig. 34

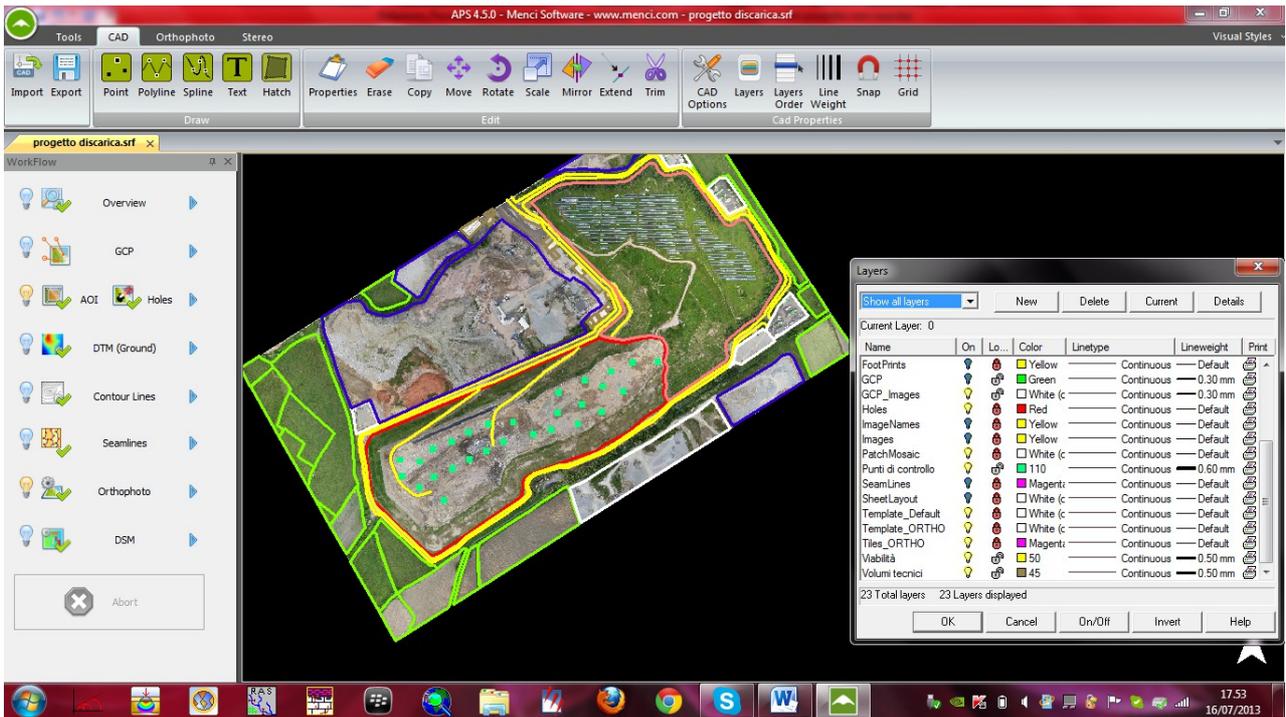


Fig. 35

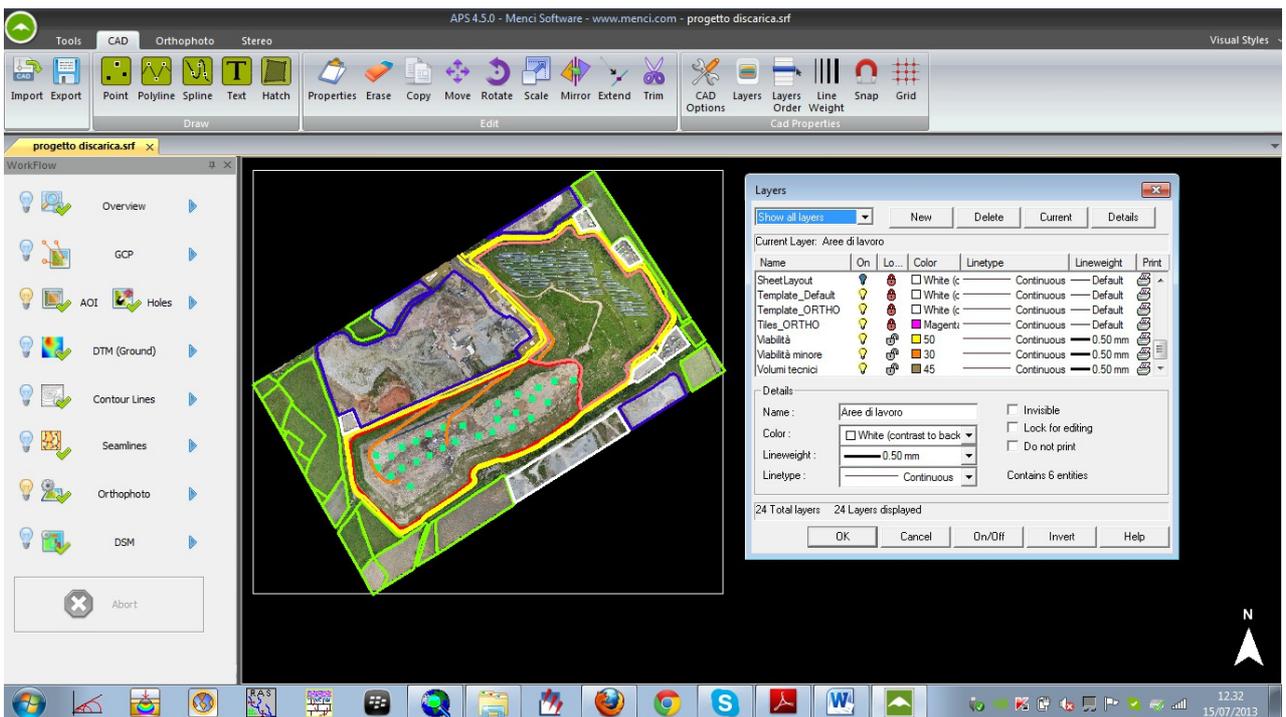


Fig. 36

## 6- STEREOTOOLS

Tramite il software StereoTools è stato ricostruito un modello stereoscopico digitale dell'area acquisendo ed analizzando tutte le foto aeree scattate da Swinglet CAM per riconoscere e successivamente fotointerpretare le entità riconoscibili in stereoscopia.

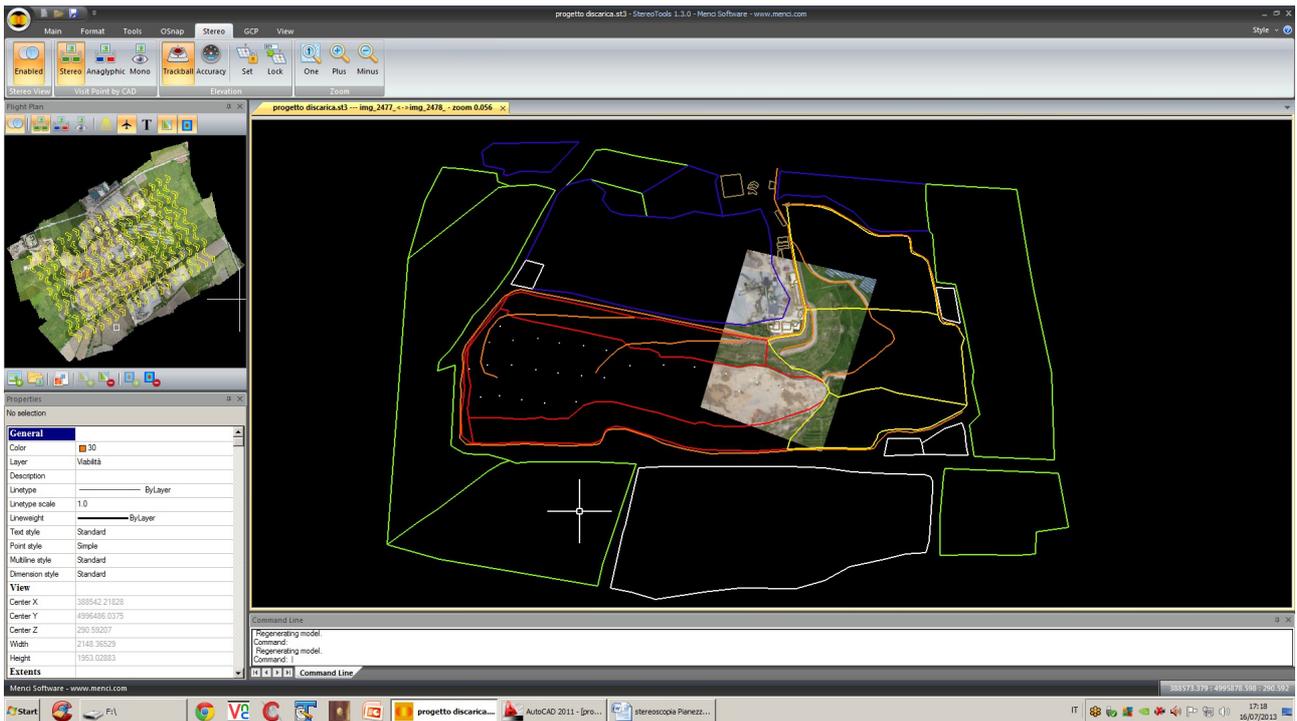
Il software permette di analizzare ed elaborare la zona di sovrapposizione tra due foto successive (stereocoppia) con avanzamento automatico e, tramite l'utilizzo di uno schermo polarizzato, gli appositi occhiali ed una trackball (un mouse che permette una sovrapposizione delle immagini più accurata), viene realizzata la visione stereoscopica.

E' stata poi creata una serie di layers (denominati: Area agricola, Area discarica, Area di lavorazione rifiuti, Area discarica ripristinata, Area di lavoro, Punti di controllo, Viabilità e Volumi tecnici) che con le funzioni CAD del software ha permesso di digitalizzare l'intera area.

La digitalizzazione della stereocoppia permette di ricostruire le varie entità geometriche del territorio tenendo conto anche della quota Z a cui queste si trovano.

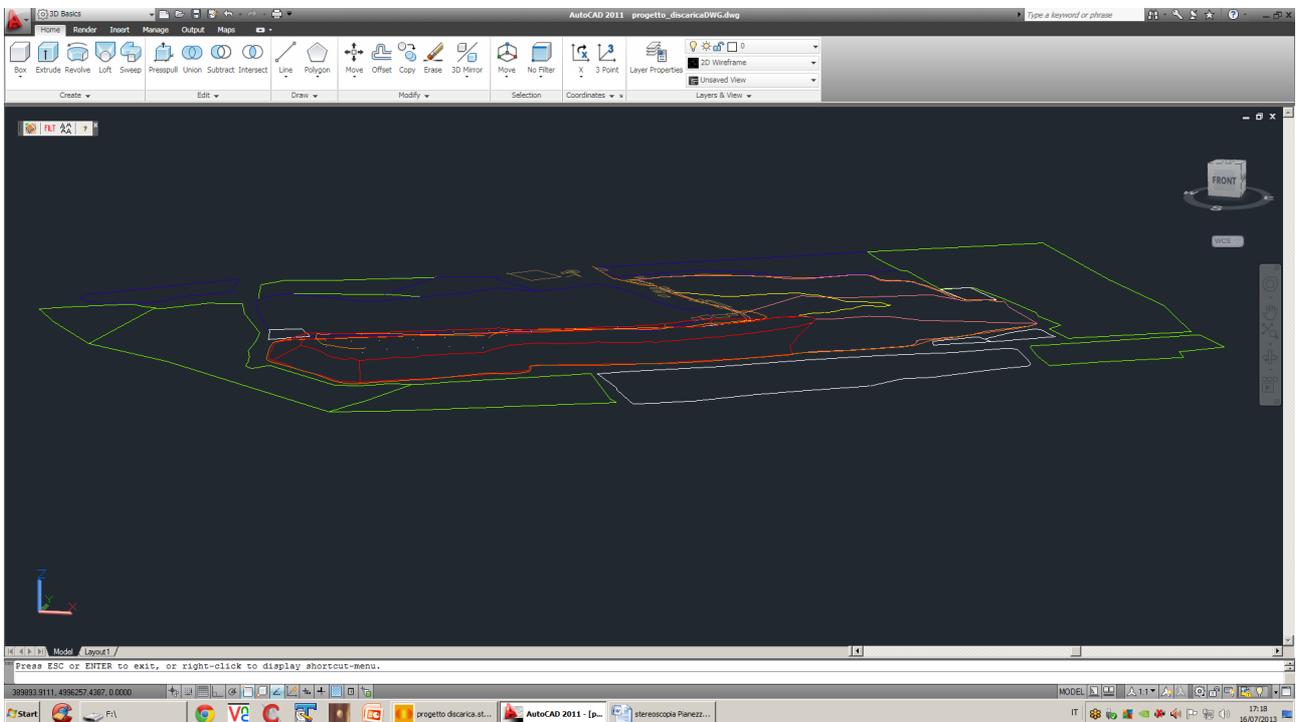
Per una corretta rappresentazione della realtà 3D sono stati utilizzati alcuni accorgimenti che hanno permesso di evitare errori macroscopici e quindi di posizionare a quote errate le varie polilinee con cui sono state editate le entità presenti.

Sono stati utilizzate le caratteristiche della viabilità, la presenza di blocchi sulla sede stradale e lungo i versanti della discarica e si è anche fatto riferimento alle ombre della vegetazione presente. L'editazione dell'intera discarica e delle strutture a servizio della sua attività sono risultate le più semplici da eseguire una volta ottenuta la visione stereoscopica (Fig.38).



**Fig. 37**

Il disegno così ottenuto è stato poi successivamente esportato in formato .dwg (Fig.39).



**Fig. 38**

L'esportazione in formato .dwg della digitalizzazione effettuata permette di vedere le differenze di quota tra gli elementi editati.

E' stata fatta anche una parziale ricostruzione in 3D del corpo della discarica e di alcune strutture a servizio dell'attività della discarica stessa (Fig.40-41).:

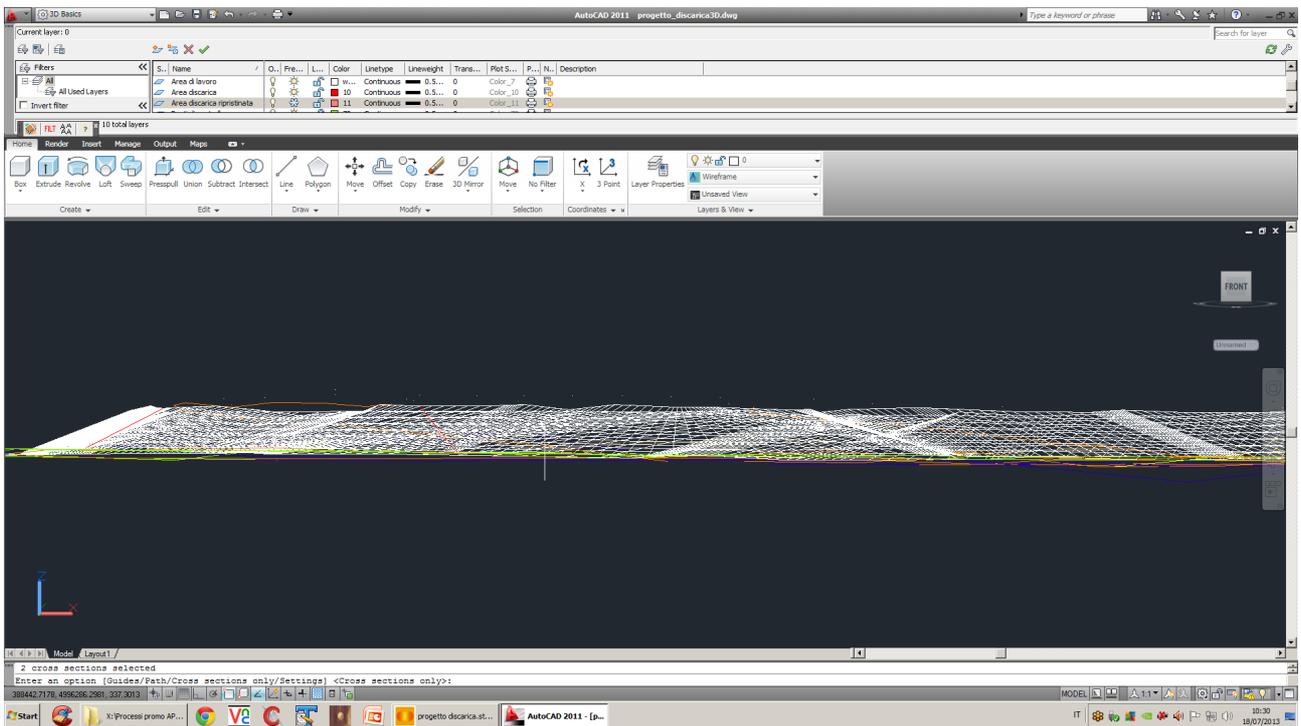


Fig. 39

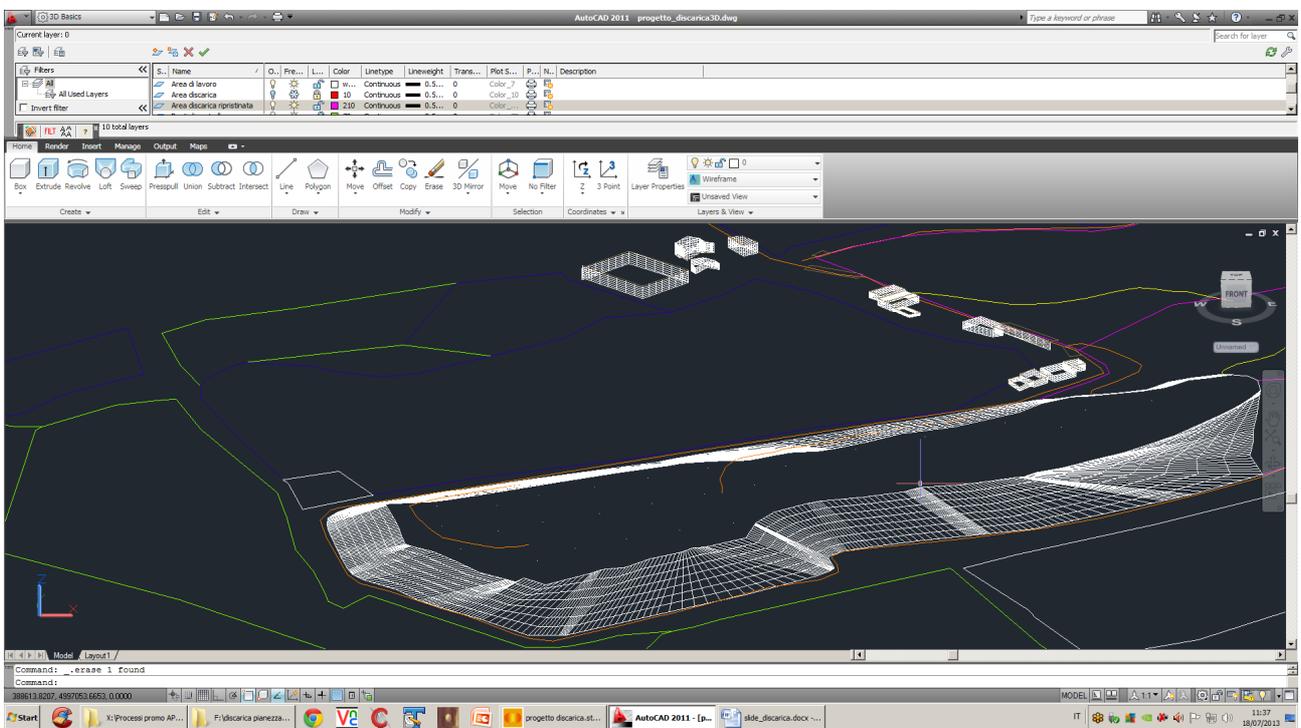


Fig. 40

## 7- CONCLUSIONI

Dall'elaborazione tramite APS dei dati forniti da Swinglet CAM e dal rilievo topografico eseguito sull'area viene realizzato un prodotto finale costituito da un DTM (con curve di livello ogni 0,5 metri), una ortofoto ed un DSM rispettivamente con GSD medio di 2,86 m., 0,05 m. e 0,29 m.

Come detto all'inizio, l'estensione dell'area è di circa 1Km<sup>2</sup> ma al di là di questo i tempi necessari per il volo (16 minuti) e l'elaborazione dei dati rilevati sono davvero esigui e comunque sempre inferiori a quelli necessari per l'esecuzione di un classico rilievo topografico.

Il software APS permette infatti una veloce ed immediata estrazione di tutte le cartografie, per la modellazione in 3D della superficie interessata, tramite immagini acquisite a bassa quota e con risultati molto accurati.

Infatti, come riportato precedentemente e comunque visibile in tutti i report che il software fornisce ad ogni elaborazione, anche l'errore medio che è stato compiuto nel posizionamento dei GCP è inferiore a 8 cm e in media è intorno ai 5 cm.

Ciò dimostra l'elevata precisione ed attendibilità del programma APS e di tutte le sue applicazioni.

# Menci Software - APS - Project Report

## General Info



- **APS version:** 4.5.0.0
- **PC Name:** CHIARA-PC
- **PC Info:**
  - ° 3958MB - Available 2074 MB - Used Percent 47 %
  - ° Windows 7 - Home Premium Edition - Build Number: 7601 - 64-bit platform - Service Pack 1 (Build 7601)
  - ° NVIDIA GeForce GT 420M
- **Project Name:** progetto discarica
- **Project Folder:** C:\Stage Menci\discarica pianezza\_copiaChiara\Progetto APS\progetto discarica\
  - **Last Save:** [dd/mm/yyyy] 15-07-2013 15:57:37
  - **Number of images:** 199
  - **Average GSD m:** 0.06 m

## Coordinate System

- **Projection:** UTM
- **Datum:** World Geodetic System 1984
- **Fuse:** 32 N
- **Unit:** Meters

## Extents

- **Total Area:** 0.937 Km<sup>2</sup>
- **Orthophoto Area:** 0.420 Km<sup>2</sup>

## Camera Passport

- **Camera Model:** Canon IXUS 125 HS
- **Calibration Date:** 13062013
- **Calibration Type:** APS

## Flight Info

- **Flight Time:** 0 hours, 16 minutes, 15 seconds
- **Absolute Flight Height:** 480.43 m
- **Relative Flight Height:** 188.58 m
- **Average Ground Elevation:** 291.86 m

## Bundle Process

- **Bundle Adjustment Algorithm:** GPU Descriptors Matching
  - Minimum number of matches: 32
  - Number of neighbour images: 20
  - Epipolar threshold (pix): 2.000
- **Bundled Images:** 199
- **Average Bundle Residuals:** 0.745 um
- **Bundle Time:** 00:25:58

## GCP

- **GCP imported:** yes
- **GCP collimated:** 24
- **GCP Average Residuals:** 0.109 m

- **GCP Max Residuals:** 0.586 m

## **Results**

- **DTM built:** yes
- **DTM imported:** no
- **DTM average GSD:** 2.86 m
- **DTM Reconstruction Level:** 28.62 (Medium)
- **DTM Process Time:** 00:00:14
- **Contour Lines:** yes
- **Contour Lines Step:** 1.00 m
- **Contour Lines Process Time:** 00:00:00
- **Seamlines generated:** yes
- **Seamlines Process Time:** 00:10:14
- **Seamlines number:** 164
- **Orthophoto:** yes
- **Orthophoto Average GSD:** 0.05 m
- **Orthophoto Radiometric Balancing:** yes
- **Orthophoto Time:** 00:08:34
- **DSM:** yes
- **DSM average GSD:** 0.29 m
- **DSM Process Time:** 00:15:58
- **3D points number:** 5135562
- **Total Process Time:** 01:00:58