

# Tecniche di rilievo teleoperato a supporto delle indagini eco-morfologiche

Gianluca Ristorto, Fabio Benedetto, Alex Bojeri  
Fulvia Quagliotti, Giorgio Guglieri

Mavtech srl

# SOMMARIO

- **Piattaforme tele-operate**

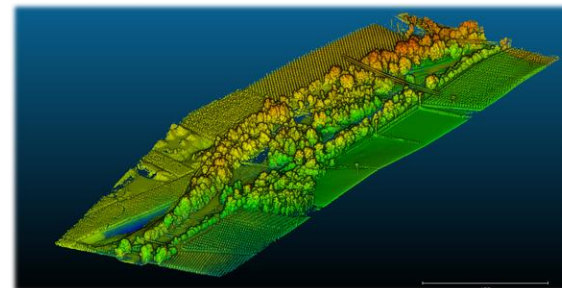
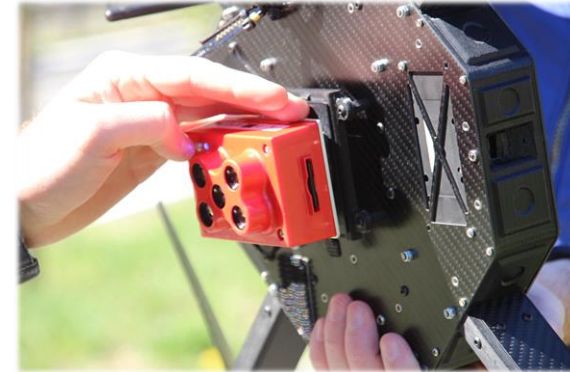
- ✓ Sensori
  - ✓ LiDAR
  - ✓ Multispettrale
  - ✓ RGB
  - ✓ Video-camera
- ✓ Piattaforme di volo (UAV)

- **Tecniche di rilievo**

- ✓ Rilievo LiDAR
- ✓ Rilievo con sensore Multispettrale / RGB

- **Rilievi effettuati (esempi)**

- ✓ Rilievo in pendenza



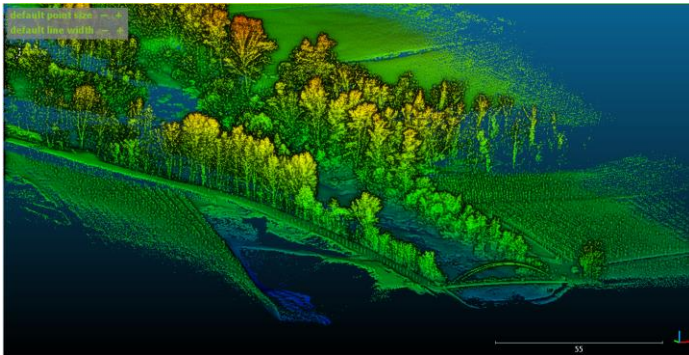
# SENSORE LiDAR

È costituito da

- Laser scanner
- Piattaforma GNSS + IMU
- MiniPC e data-logger

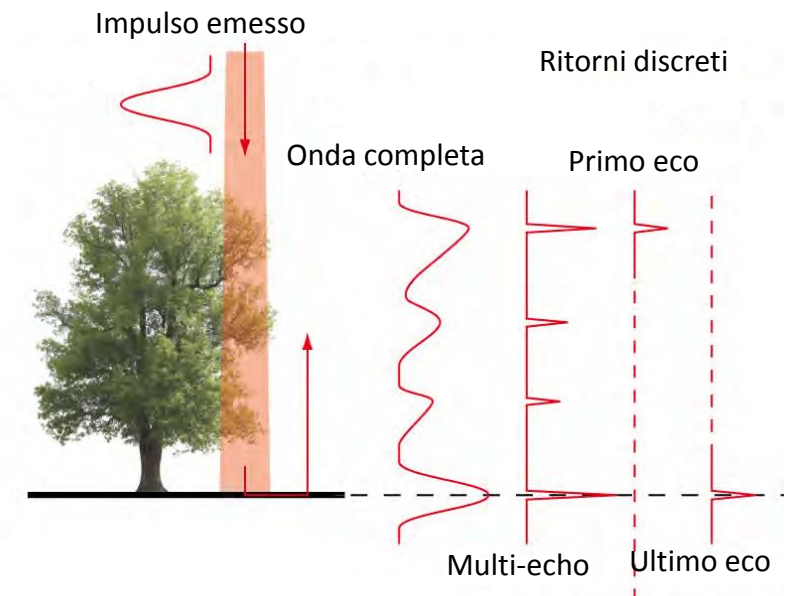


Restituisce una nuvola di punti 3D georiferita



Il laser scanner può registrare 1, 2 o più echi

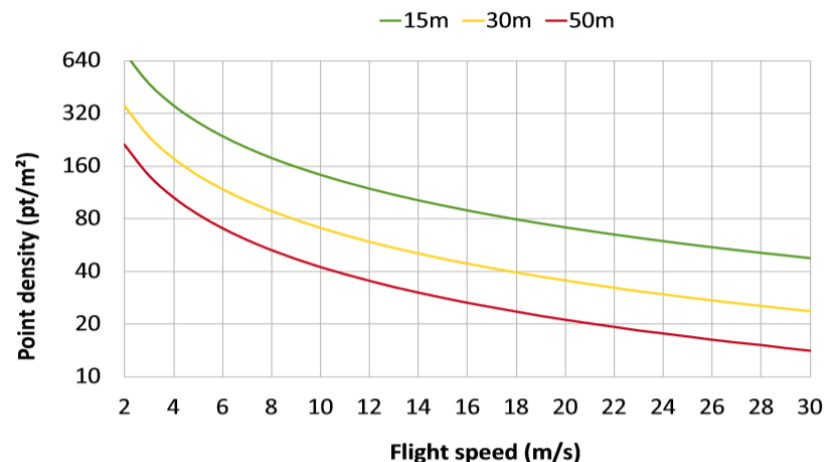
Differenti modi di registrazione del segnale di ritorno emesso



# SENSORE LiDAR



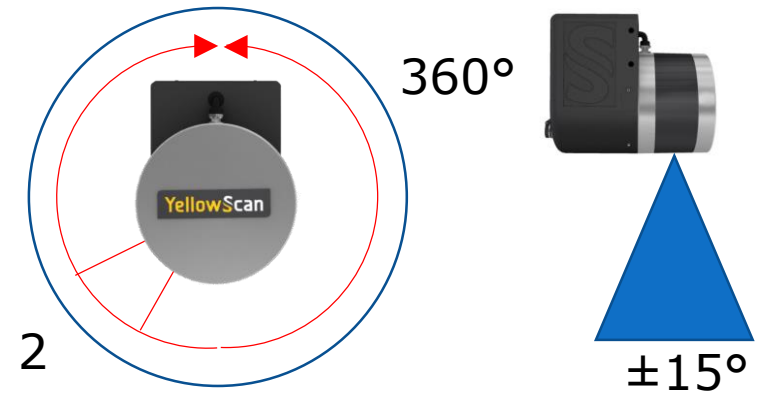
## Point density by flight speed and altitude



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Modello: Yellowscan Surveyor
- Lunghezza d'onda laser: 800nm (Class1)

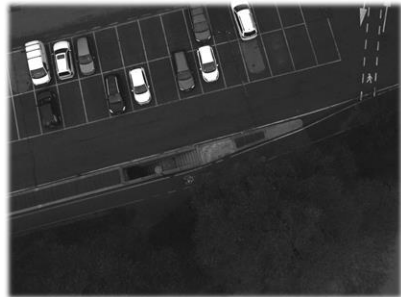
- Field of range:



- Numero di echi: 2
- Frequenza di acquisizione: 300.000 pt/s
- Quota di volo: 30 ÷ 60 m
- Correzione traiettoria di volo: PPK
- Accuratezza: 5 cm
- Precisione: 4 cm
- Output: Nuvola di punti, DTM, DSM ad alta risoluzione

# SENSORE MULTISPETTRALE

- Registra la quantità di energia riflessa (**Riflettanza**) dell'oggetto che si intende studiare nelle diverse **lunghezze d'onda** dello **spettro elettromagnetico**.
- Restituisce immagini multibanda



**BLUE**



**GREEN**



**RED**



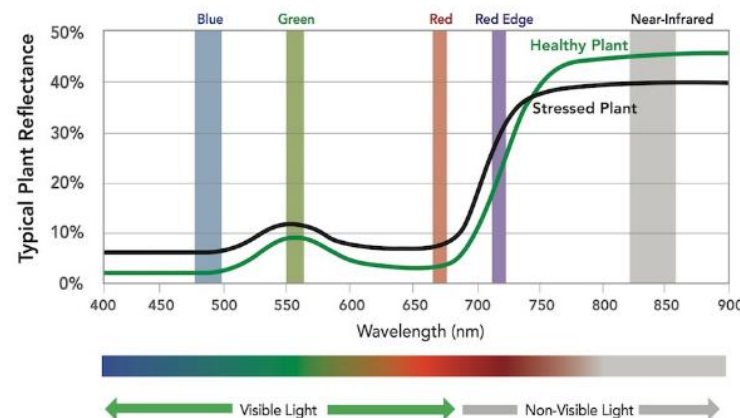
**REDEGE**



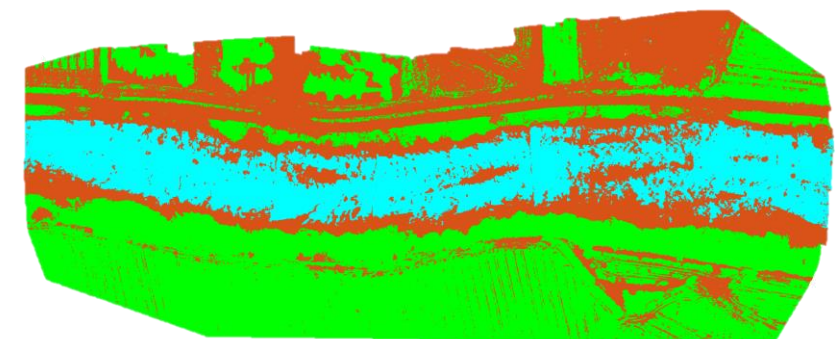
**NIR**

- Attraverso l'analisi della risposta spettrale nelle diverse bande acquisite si possono estrarre **informazioni territoriali** e produrre **mappe tematiche**

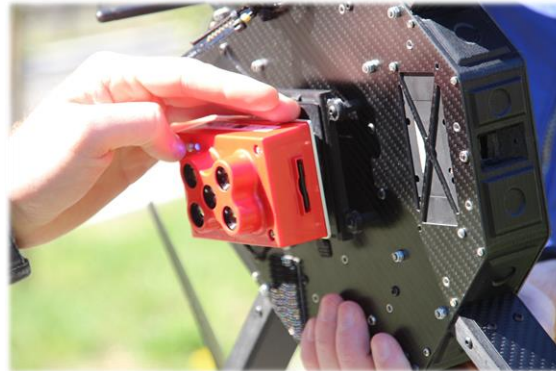
RGB



Soil Use



# SENSORE MULTISPETTRALE



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Modello: Micasense RedEdge-M
- 5 Bande di acquisizione:
  - BLUE, GREEN, RED, REDEGE, NIR
- Sensore di Luminosità, Pannello di Riflettanza, GPS
- Output: Ortofoto Multilayer, DSM e DTM a bassa risoluzione
- Risoluzione a terra (GSD):
  - ❖ 2.0 cm/pixel @ 30 m
  - ❖ 4.7 cm/pixel @ 70 m
  - ❖ 10.0 cm/pixel @ 150 m

# SENSORE RGB



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Modello: Sony RX-100
- Risoluzione immagini: 20 MP
- GPS (log di volo)
- Output: Ortofoto RGB, DSM e DTM ad alta risoluzione
- Risoluzione a terra (GSD):
  - ❖ 1.0 cm/pixel @ 50 m
  - ❖ 1.5 cm/pixel @ 70
  - ❖ 3.2 cm/pixel @ 150 m

# VIDEOCAMERA + PIATTAFORMA DI VOLO DJI SPARK

## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Modello: DJI Spark camera
- Risoluzione video: FHD 1920x1080, 30p
- Risoluzione immagini: 12 MP
- Output: Video, immagini
- Multirottore (4 rotori)
- Interasse motore: 170 mm
- Peso massimo al decollo: < 300 g
- Velocità di rilievo: 3 ÷ 5 m/s (~10 ÷ 18 km/h)
- Quota di volo: 30 ÷ 50 m
- Autonomia: 15 min
- Sensori a bordo: Videocamera / Fotocamera



# PIATTAFORME DI VOLO – DJI S900



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Multirottore (6 rotori)
- Interasse motore: 900 mm
- Peso massimo al decollo: 8.2 kg
- Payload:  $\leq 3500$  g
- Velocità di rilievo:  $3 \div 4$  m/s  
( $\sim 10 \div 15$  km/h)
- Quota di volo:  $30 \div 60$  m
- Autonomia:  $10 \div 15$  min
- Sensore imbarcabile: LiDAR
- Camera di navigazione
- Terminatore di volo

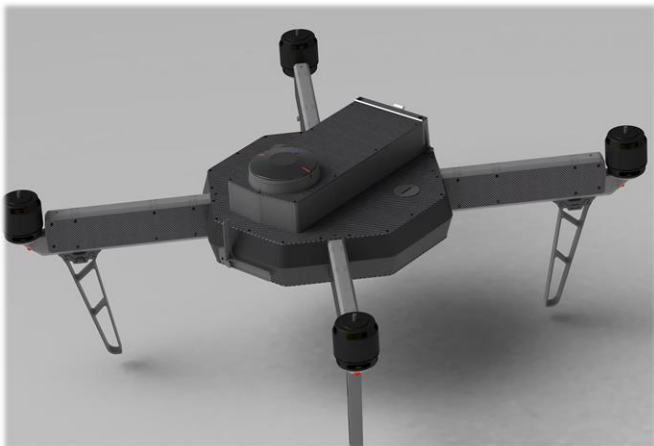
# PIATTAFORME DI VOLO – Q4E



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Multirottore (4 rotori)
- Interasse motore: 590 mm
- Peso massimo al decollo: 4.0 kg
- Payload:  $\leq 600$  g
- Velocità di rilievo:  $4 \div 6$  m/s  
( $\sim 14 \div 22$  km/h)
- Quota di volo:  $30 \div 70$  m
- Autonomia:  $15 \div 20$  min
- Sensori imbarcabili
  - Sensore RGB 
  - Sensore multispettrale 
- Terminatore di volo

# PIATTAFORME DI VOLO – Q4T



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Multirottore (4 rotori)
- Interasse motore: 620 mm
- Peso massimo al decollo: 5.5 kg
- Payload:  $\leq 1600$  g
- Velocità di rilievo:  $4 \div 6$  m/s  
( $\sim 14 \div 22$  km/h)
- Quota di volo:  $30 \div 70$  m
- Autonomia:  $15 \div 25$  min
- Sensori imbarcabili
  - Sensore RGB
  - Sensore multispettrale
  - Sensore LiDAR
- Terminatore di volo



# PIATTAFORME DI VOLO – AGRI-1900



## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Ala fissa
- Apertura alare: 1900 mm
- Peso massimo al decollo: 2.6 kg
- Payload:  $\leq 400$  g
- Velocità di rilievo:  $12 \div 15$  m/s  
( $\sim 43 \div 54$  km/h)
- Quota di volo:  $70 \div 150$  m
- Autonomia:  $30 \div 45$  min
- Superficie:  $30 \div 50$  ha
- Tipi di sensori:
  - Sensore multispettrale
  - Fotocamera



## RILIEVO CON LiDAR

Dopo il decollo viene eseguita la manovra di **calibrazione** della piattaforma inerziale del sensore LiDAR.

Il pilota può eseguire a sua discrezione le manovre

- Bathtub
- Infinity symbol
- FW/BW/FW – UTurn

La missione di rilievo vera e propria viene eseguita con **linee di volo rettilinee**.

Prima dell'atterraggio viene eseguita nuovamente la manovra di **calibrazione**.

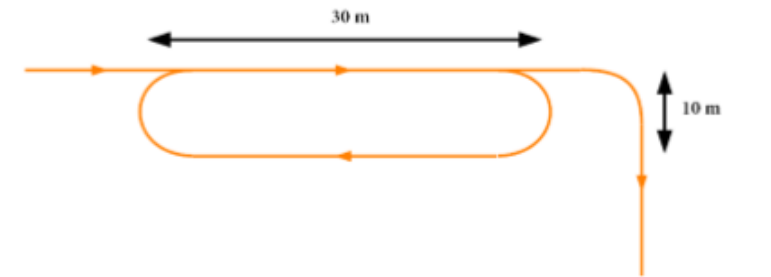


figure (a) : the "bathtub"

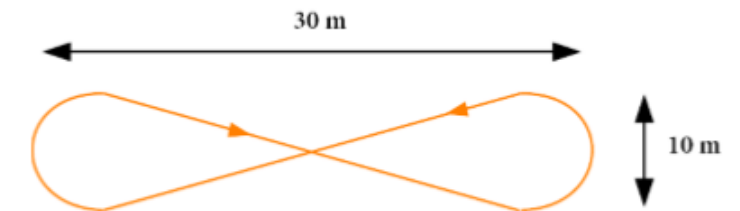


figure (b) : the infinity symbol

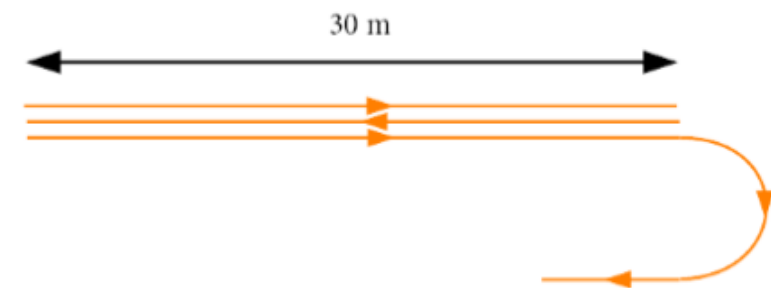


figure (c) : the "Fw/Bw/FW-U Turn"

Fonte: Yellowscan User Manual V1.2

## RILIEVO CON LiDAR

La missione di rilievo vera e propria viene eseguita con **linee di volo rettilinee**.

Rilievo lungo le sponde



Quota di volo: 40 ÷ 60 m

Rilievo lungo l'asse fluviale



Quota di volo: 30 m

# TECNICHE DI RILIEVO

## RILIEVO CON SENSORE MULTISPETTRALE / RGB

La pianificazione della missione di volo segue i canoni della **fotogrammetria aerea**.

1 Quota di Volo

2 Ampiezza di Griglia

3 Tempo di Scatto

4 Velocità di Rilievo

Risoluzione a terra elaborato

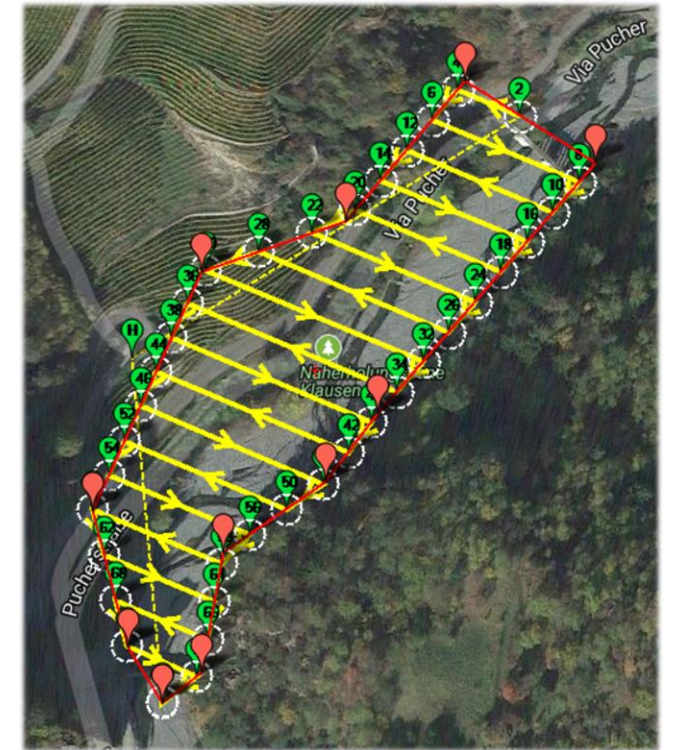
Caratteristiche strumento

Dimensione sensore  
Risoluzione sensore  
Lunghezza focale

% Sovrapposizione immagini  
Tempo minimo scatto

Caratteristiche vettore tele-operato

Velocità di crociera  
Autonomia



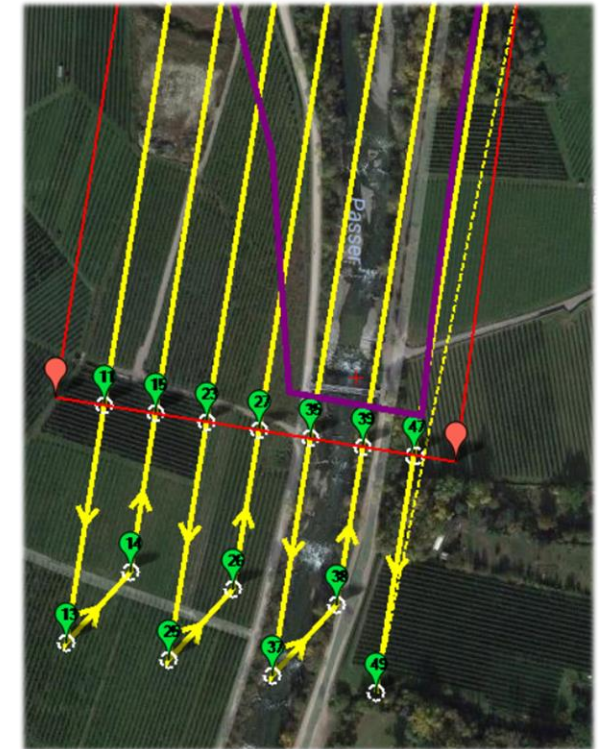
# TECNICHE DI RILIEVO

## RILIEVO CON SENSORE MULTISPETTRALE / RGB

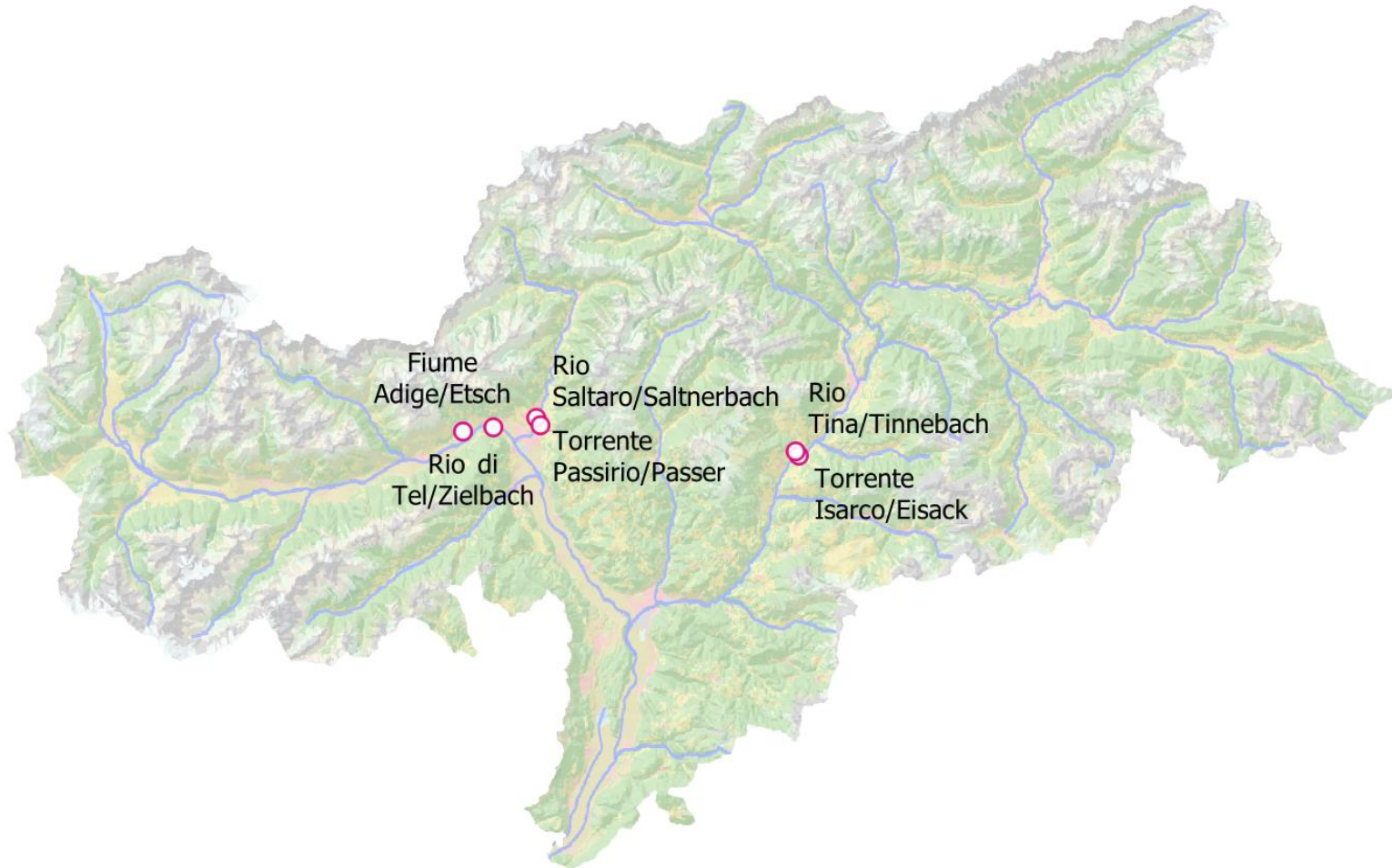
### MULTIROTORE



### ALA FISSA



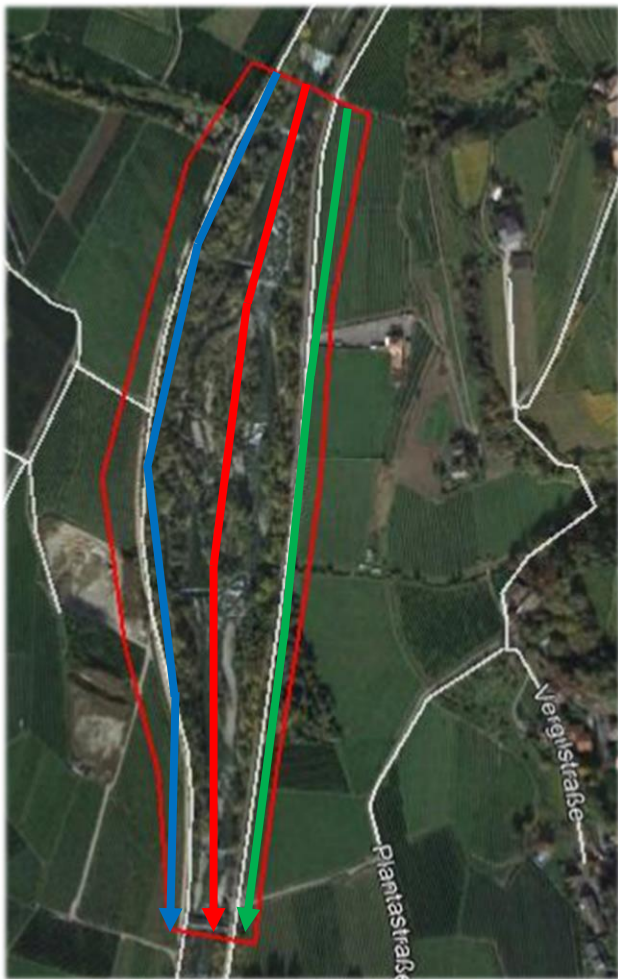
# RILIEVI EFFETTUATI



- Fiume Adige (Lagundo)
  - Estate
  - Inverno
- Fiume Passirio (Scena)
  - Estate
  - Inverno
- Rio di Tel (Parcines)
  - Estate
- Torrente Isarco (Chiusa)
  - Inverno
- Rio Tina (Chiusa)
  - Inverno
- Rio Saltaro (Merano)
  - Inverno
- San Genesio\*

# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) ESTATE / INVERNO

**Sensore: LiDAR**  
**UAV: S900**



**Tratto monitorato**

- Estensione: 13 ha
- Lunghezza: 800 m

**Missione 1**

- Quota di volo: 40 m
- Velocità di rilievo: 3 m/s
- Tempo missione: 8 min

**Missione 2**

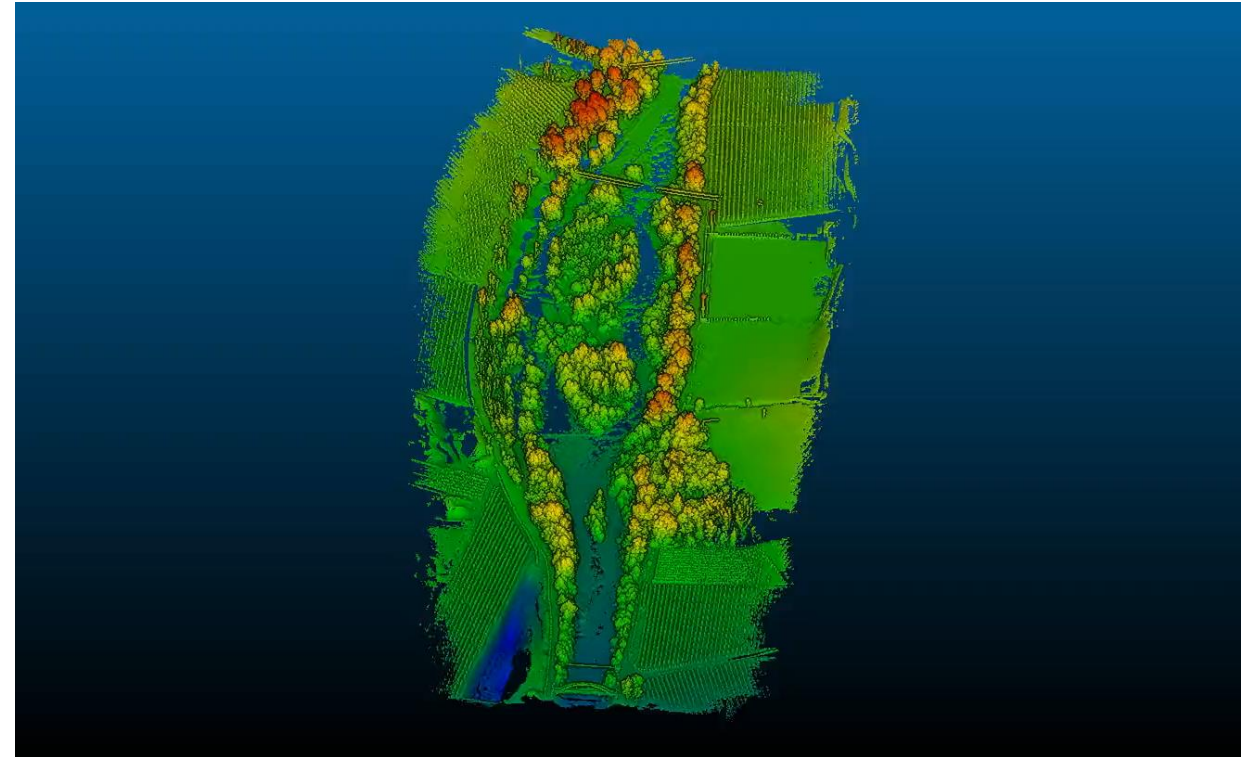
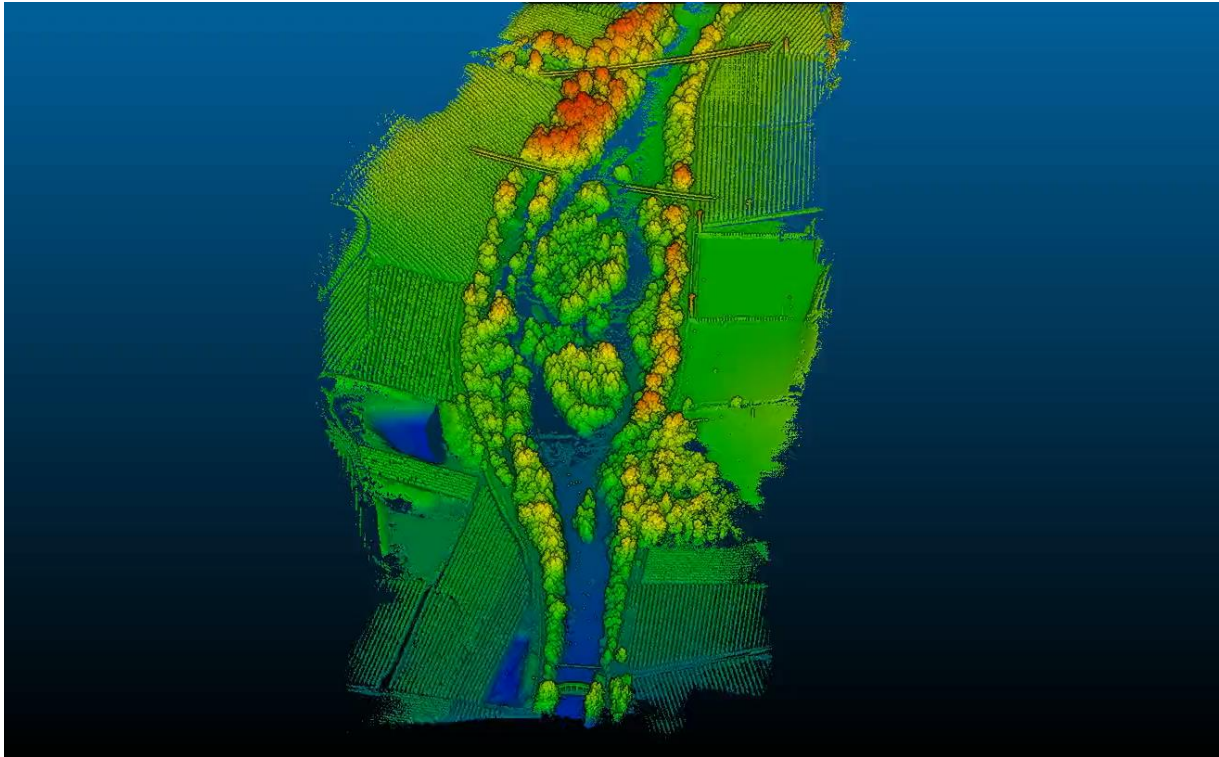
- Quota di volo: 40-35 m
- Velocità di rilievo: 3 m/s
- Tempo missione: 9 min

**Missione 3**

- Quota di volo: 40 m
- Velocità di rilievo: 3 m/s
- Tempo missione: 9 min

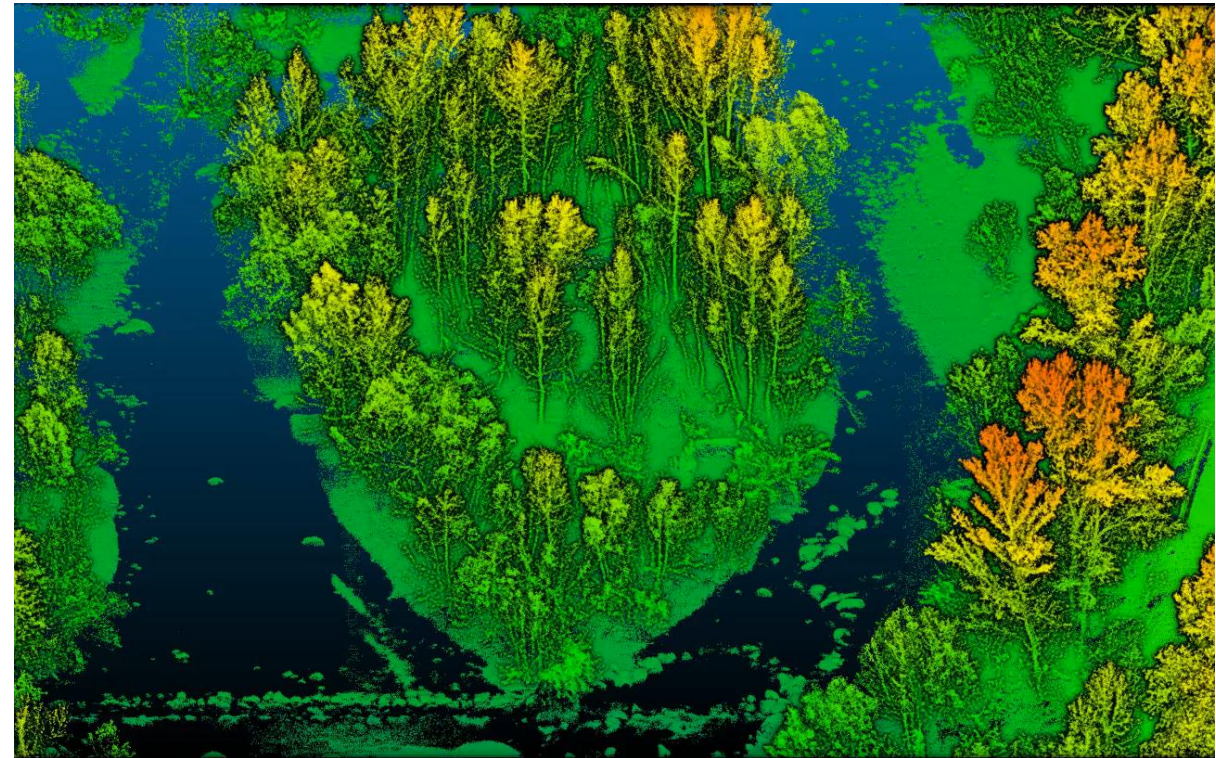
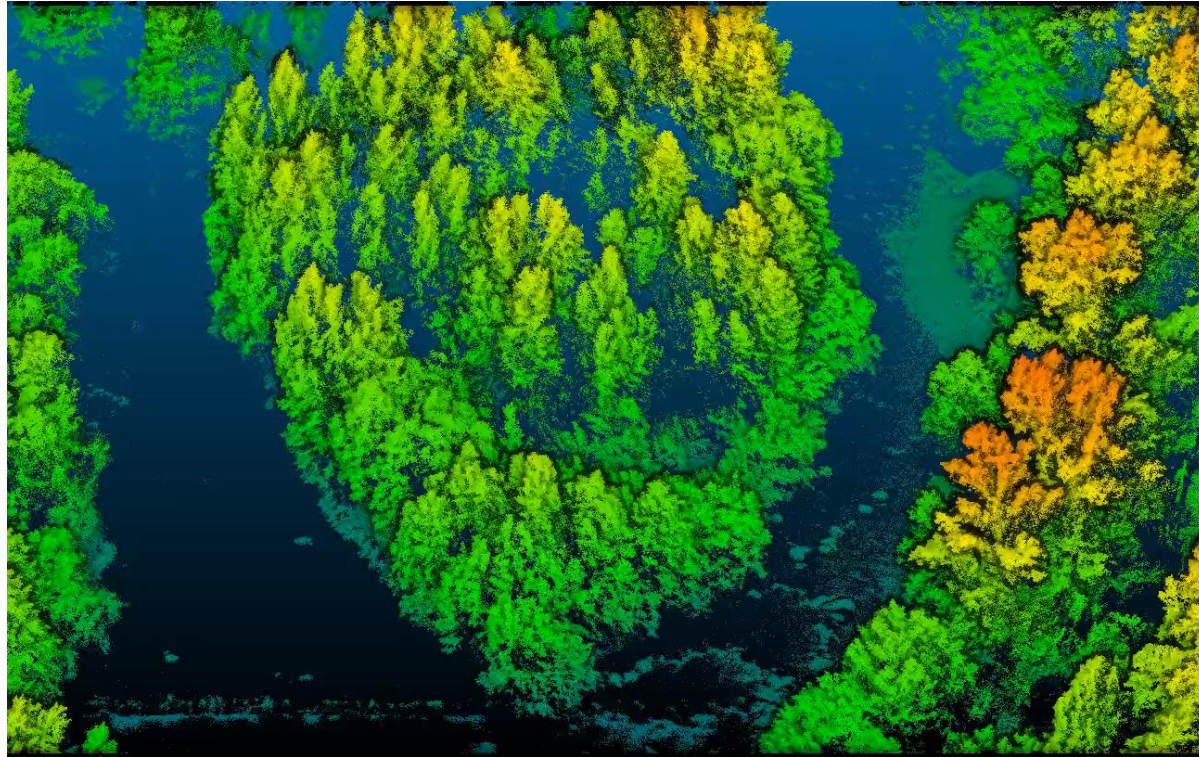
# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) ESTATE / INVERNO

## Restituzione LiDAR – Nuvola di punti



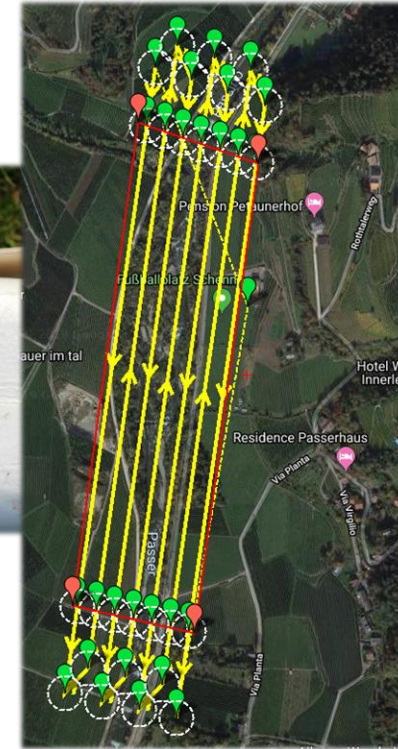
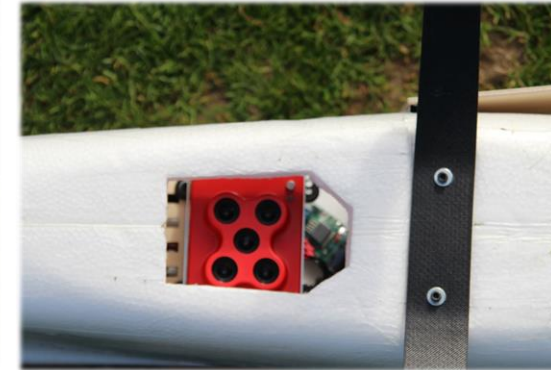
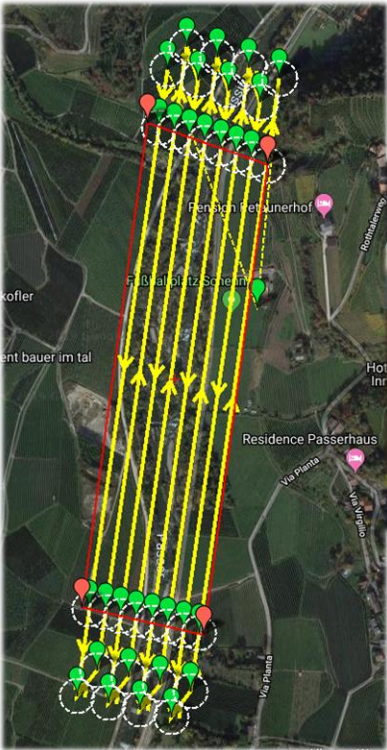
# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) ESTATE / INVERNO

## Restituzione LiDAR – Nuvola di punti



# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) ESTATE / INVERNO

## UAV: AGRI-1900



### Sensore: RGB

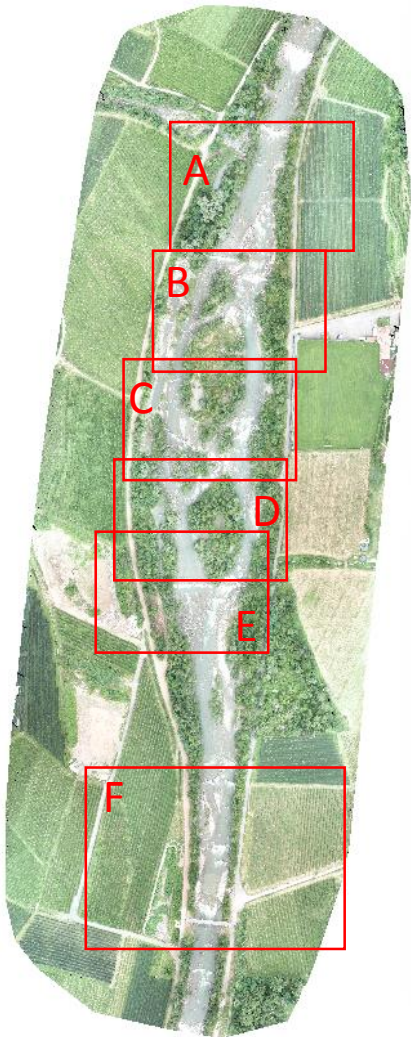
- Tempo missione: 17 min
- GSD: 2.16 cm/pixel
- Nr. Immagini: 178



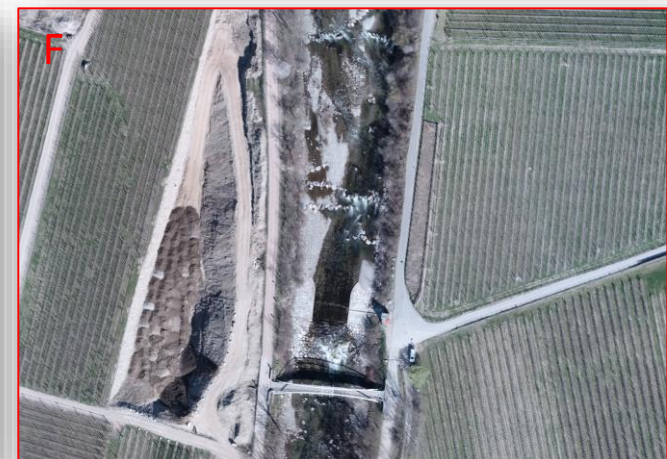
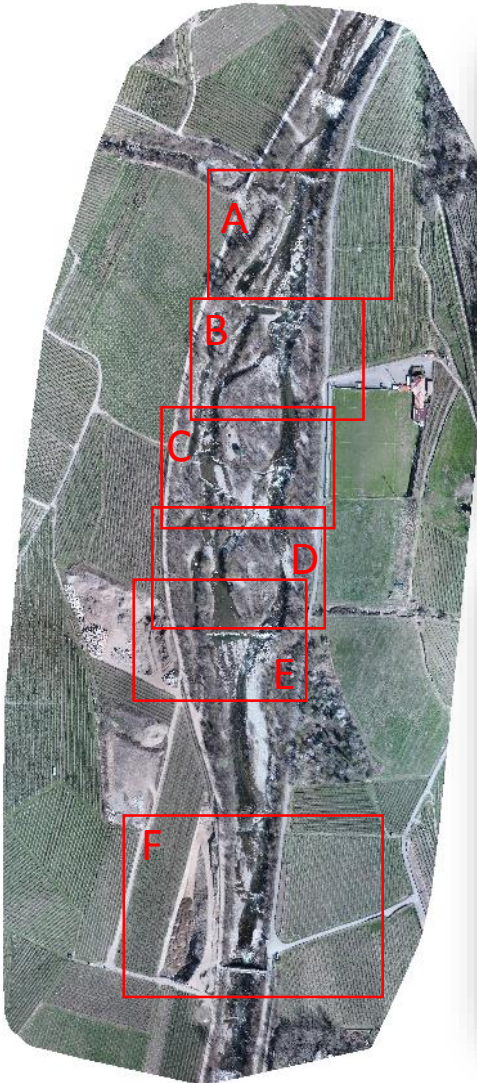
### Sensore Multispettrale

- Tempo missione: 16 min
- GSD: 10.0 cm/pixel
- Nr. Immagini: 279

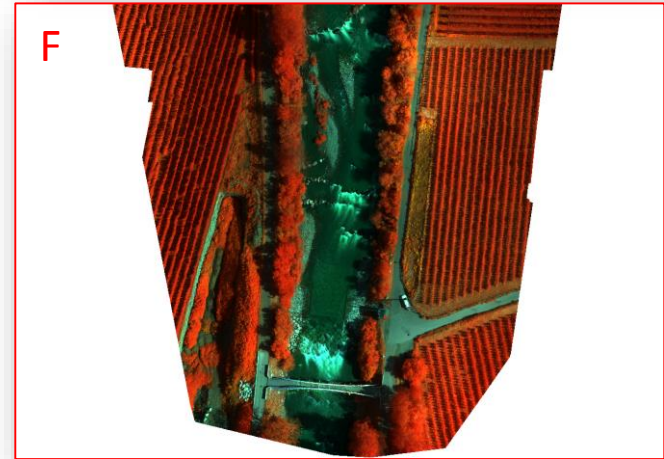
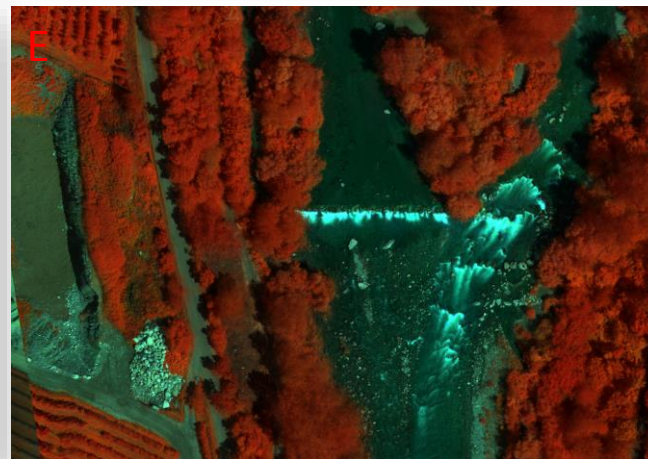
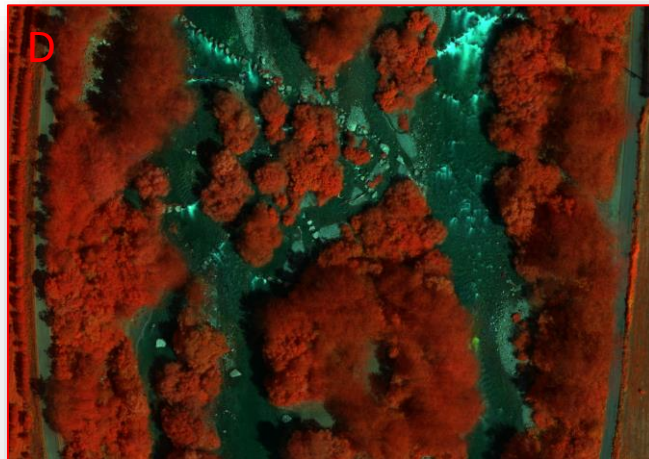
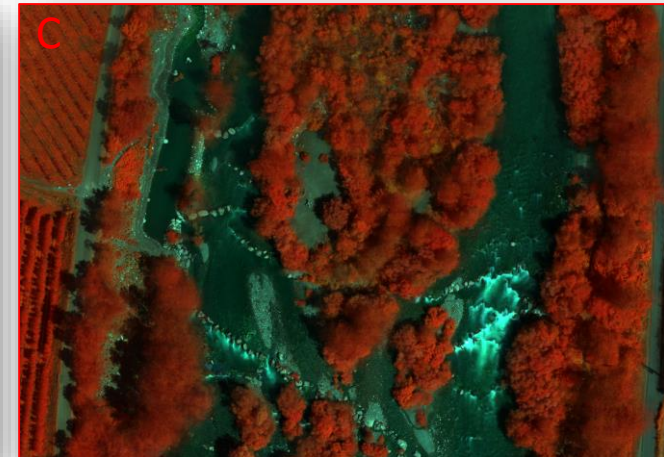
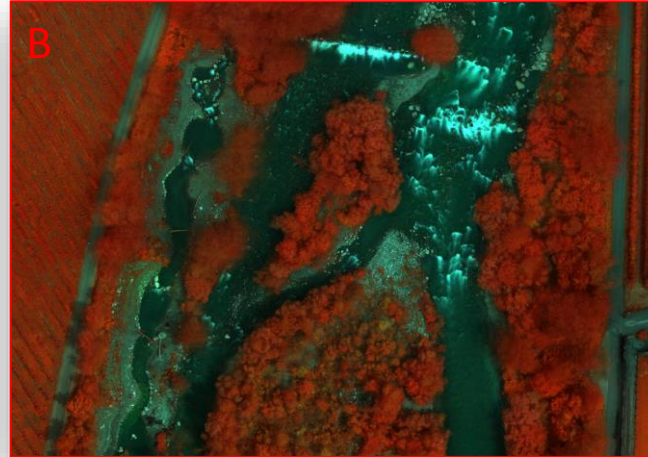
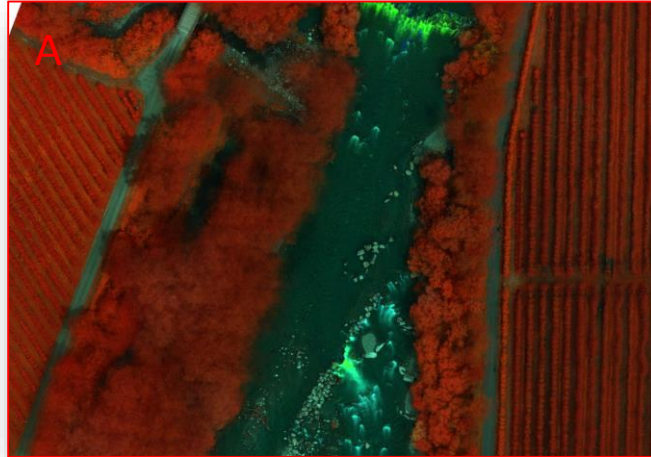
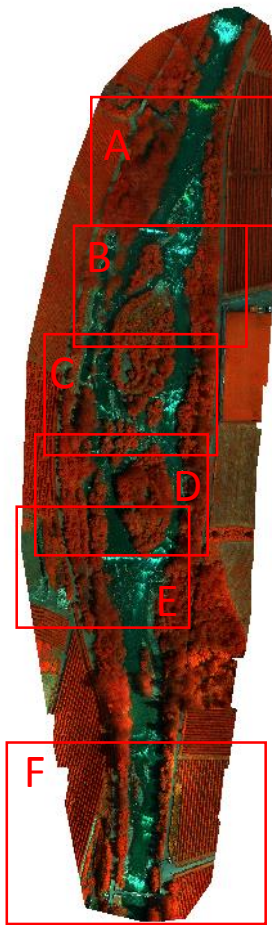
# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) ESTATE



# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) INVERNO

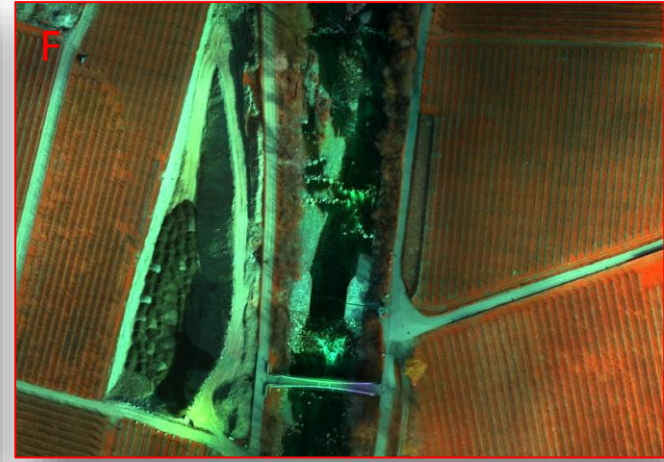
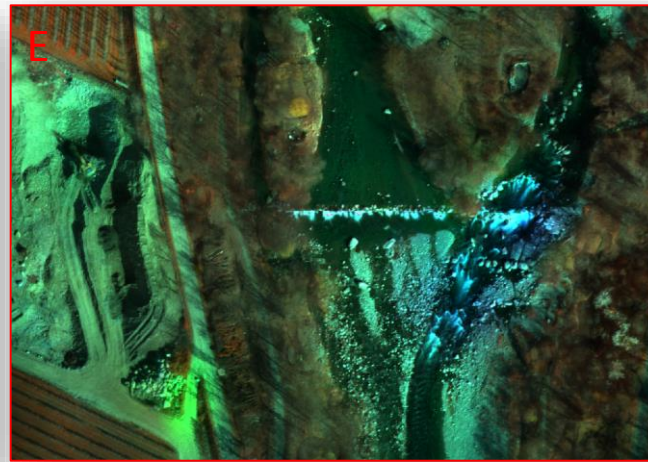
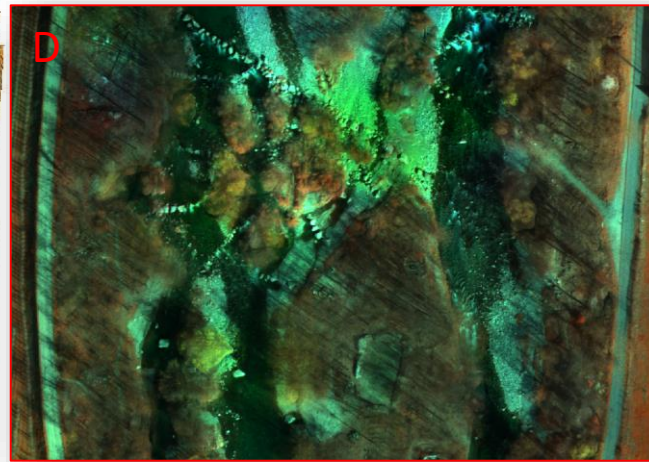
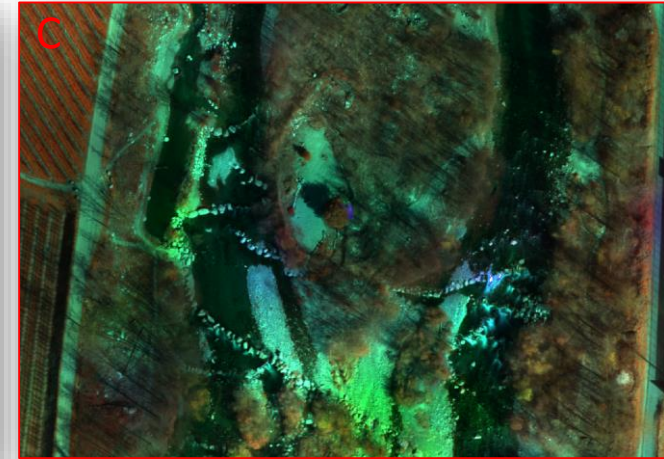
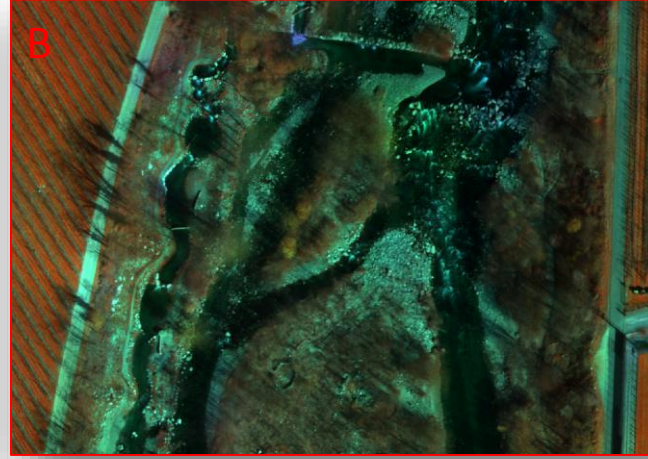
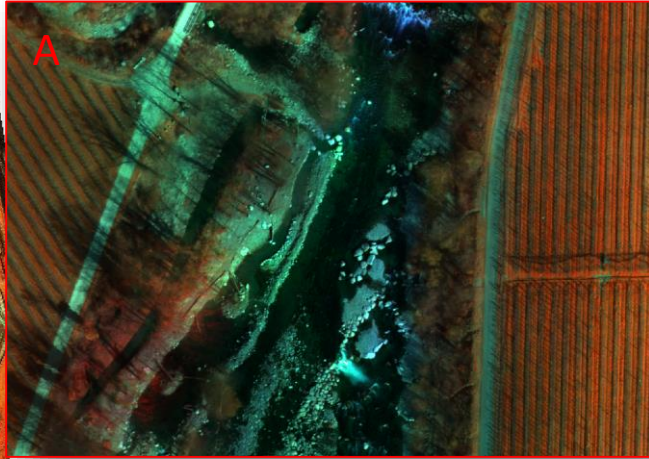
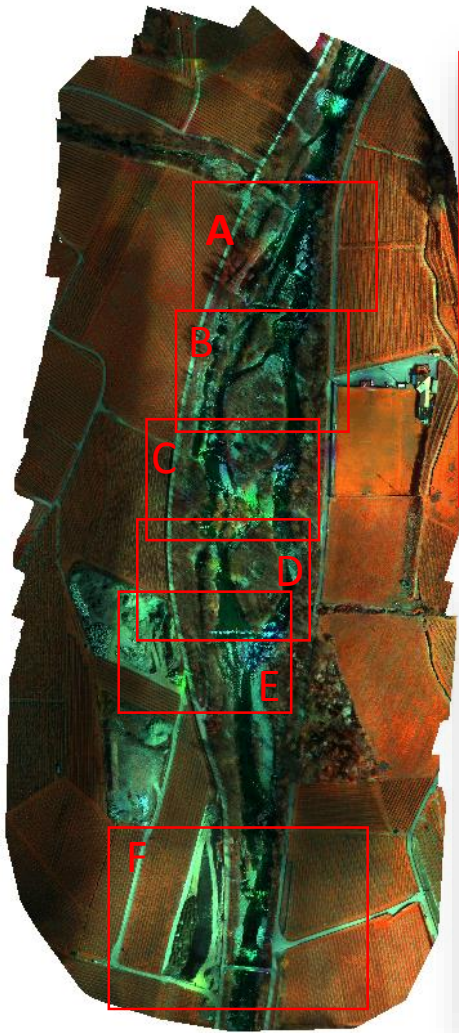


# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) ESTATE



**CIR**  
**(Composite Infra-Red)**

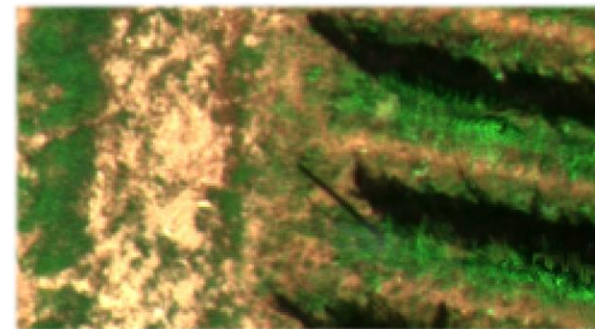
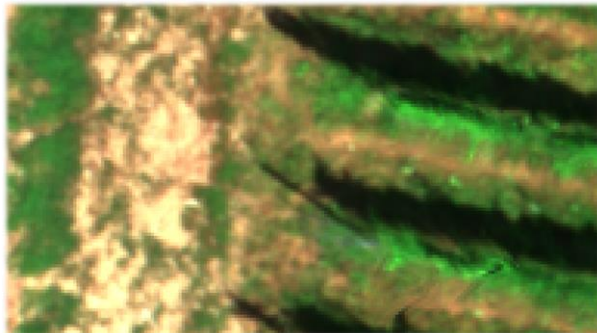
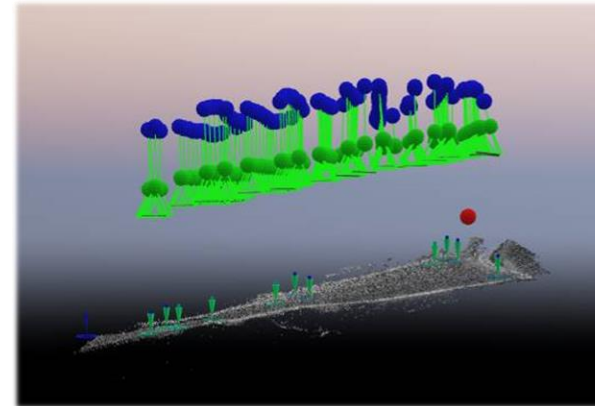
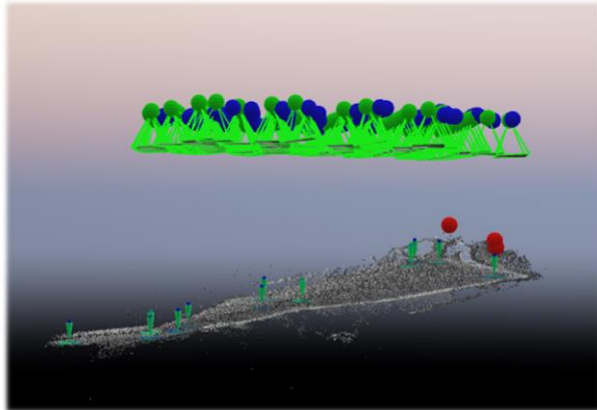
# RILIEVI EFFETTUATI – PASSIRIO (SCENA) INVERNO



**CIR**  
**(Composite Infra-Red)**

# RILIEVI IN PENDENZA

- Tipicamente la quota di volo dell'UAV viene impostata ad **altitudine costante**.
- Nel caso di rilievo in **pendenza** è consigliato avere un piano di volo ad **altezza dal terreno costante**, per ottenere la **stessa risoluzione** per tutto l'elaborato e per garantire la stessa percentuale di **sovrapposizione** delle immagini.

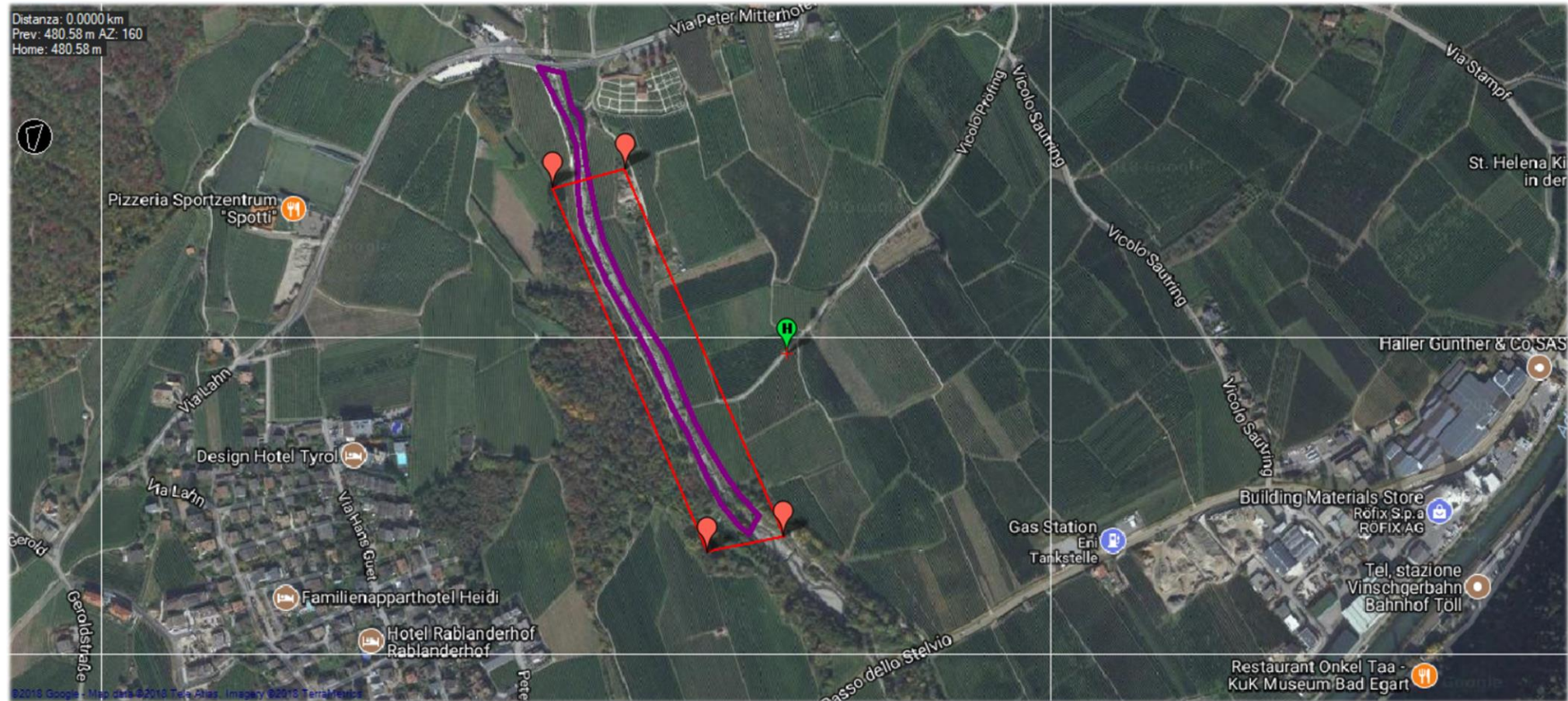


# RILIEVI IN PENDENZA

- Tipicamente la quota di volo dell'APR viene impostata ad **altitudine costante**.
- Nel caso di rilievo in **pendenza** è consigliato avere un piano di volo ad **altezza dal terreno costante**, per ottenere la **stessa risoluzione** per tutto l'elaborato e per garantire la stessa percentuale di **sovrapposizione** delle immagini.
- Il pianificatore di missione (Mission Planer) può utilizzare i **dati di elevazione liberi** disponibili (Shuttle Radar Topography Mission – SRTM – ASTER GLOBAL DEM) per impostare la quota dei *waypoint* alla corretta distanza dal terreno.
- Anche se **non hanno un elevato livello di dettaglio** (risoluzioni variabili tra 10 m e 30 m) possono essere utilizzati come input per il pianificatore di missione
- Confronto con i database accessibili (**Geocatalogo**) della Provincia Autonoma di Bolzano
- Modello digitale della superficie DSM – Volo LiDAR Solar Tirol 2013 (risoluzione 0.5 x 0.5 m) per **verificare l'idoneità del piano di volo generato**.

# RILIEVI IN PENDENZA

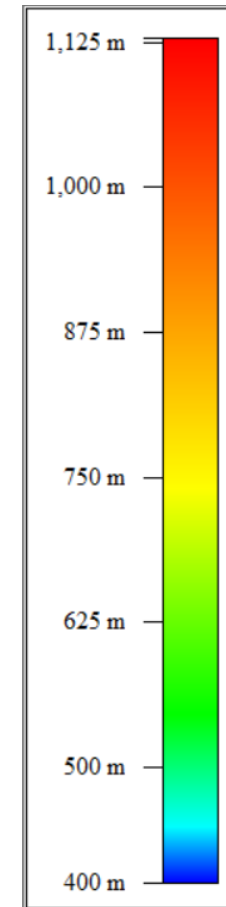
Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

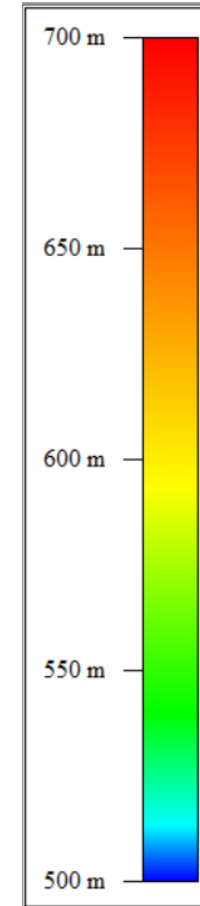
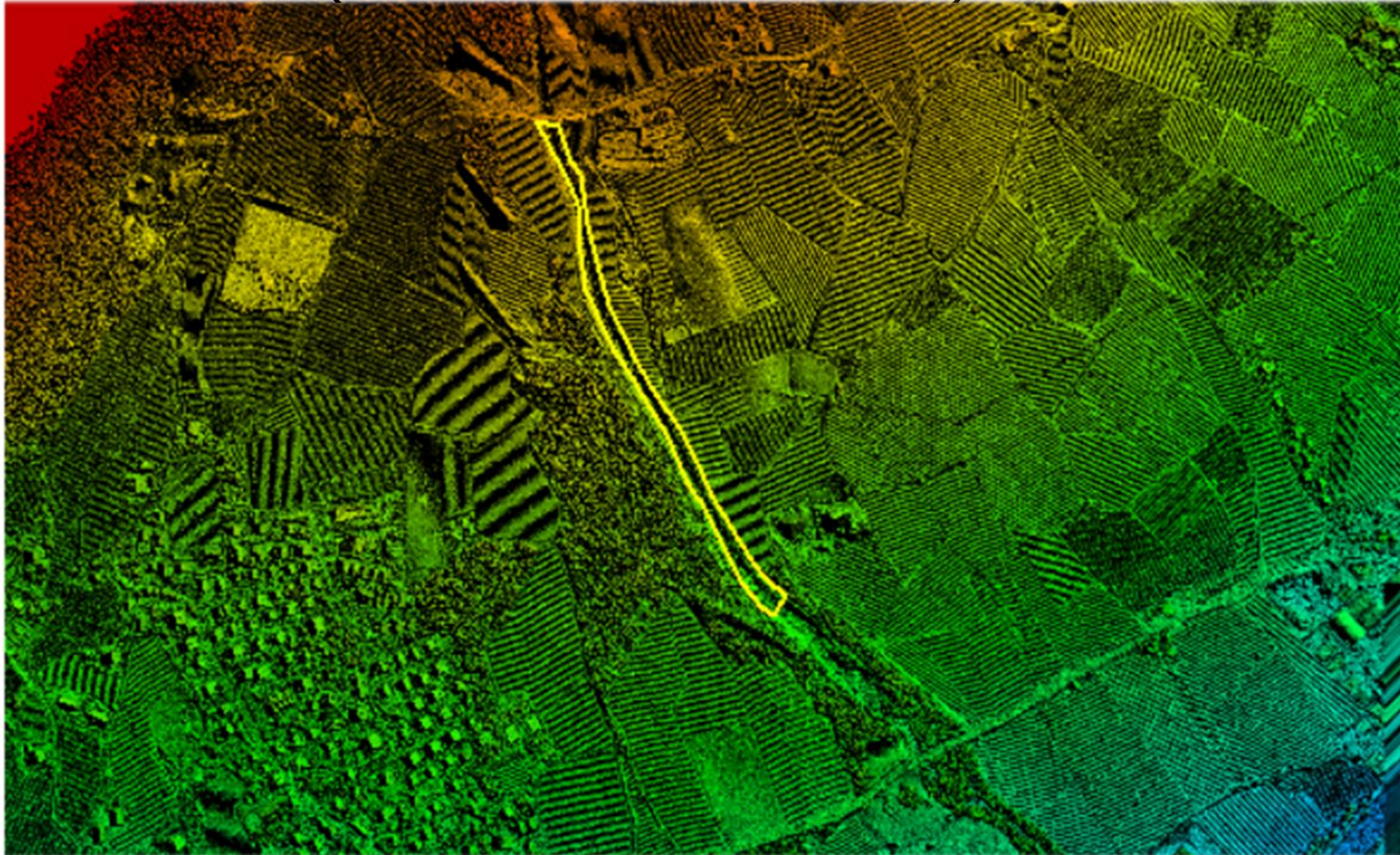
➤ DSM Solar Tirol 2013 (Risoluzione 0.5 x 0.5 m)



# RILIEVI IN PENDENZA

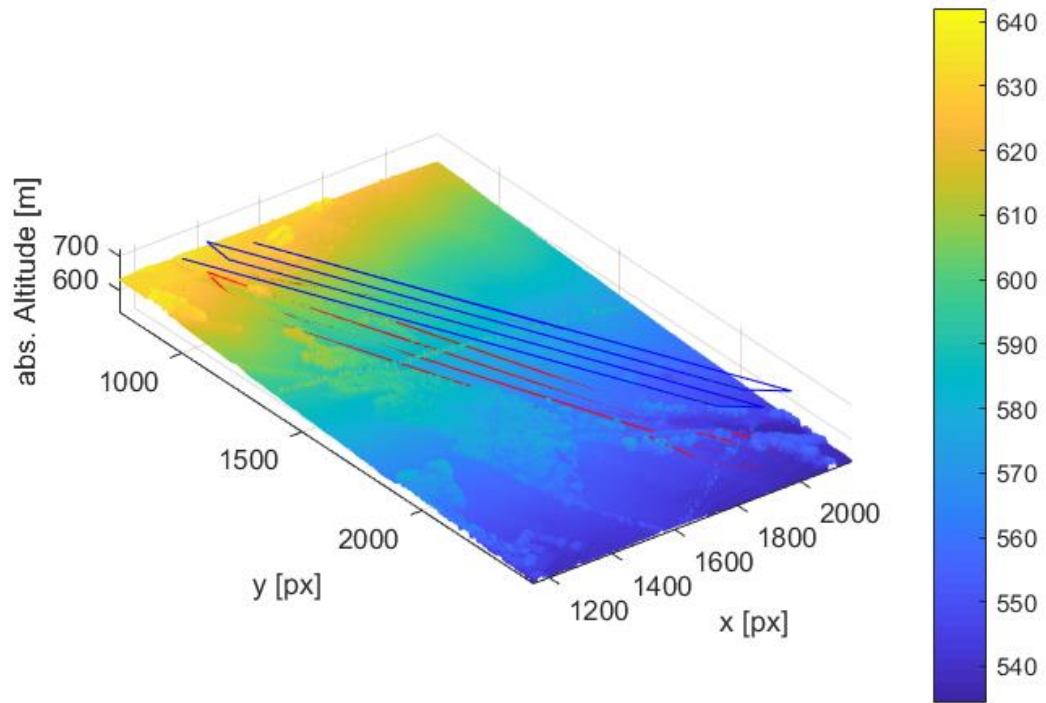
Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

➤ DSM Solar Tirol 2013 (Risoluzione 0.5 x 0.5 m)

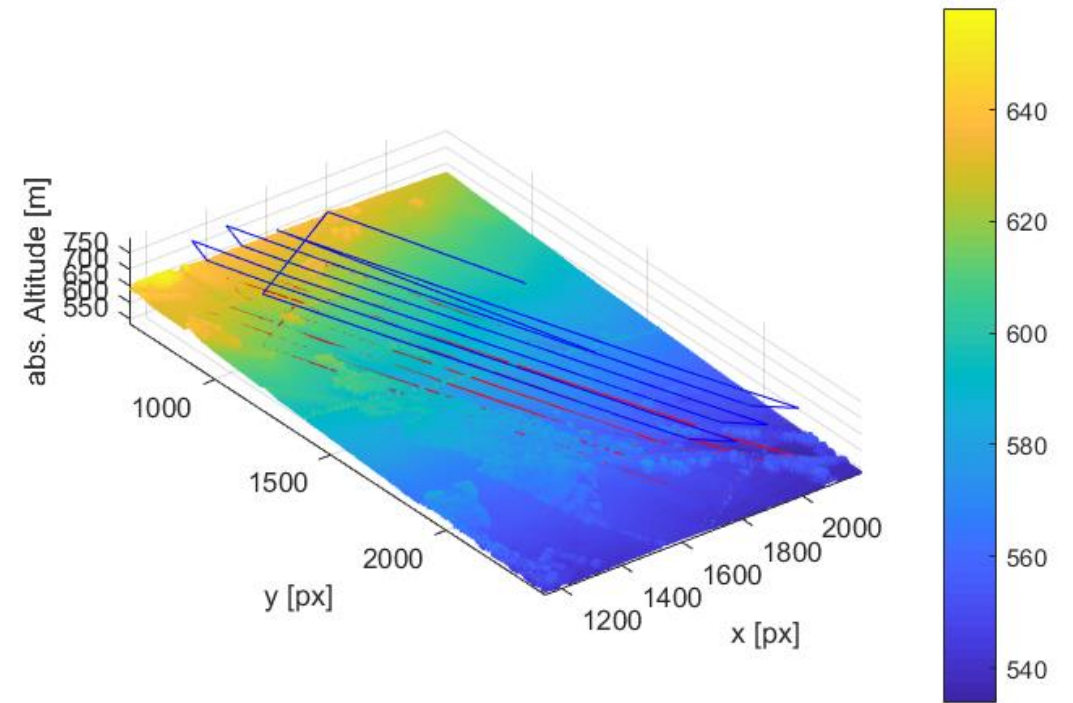


# RILIEVI IN PENDENZA

## Altitudine costante

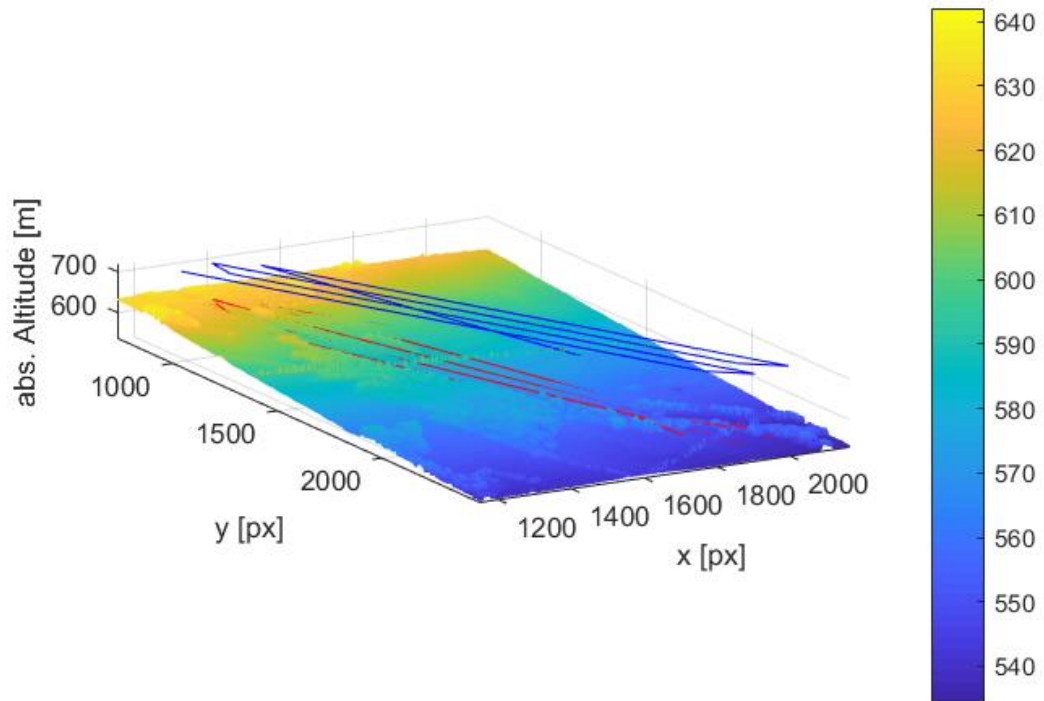


## Altezza costante

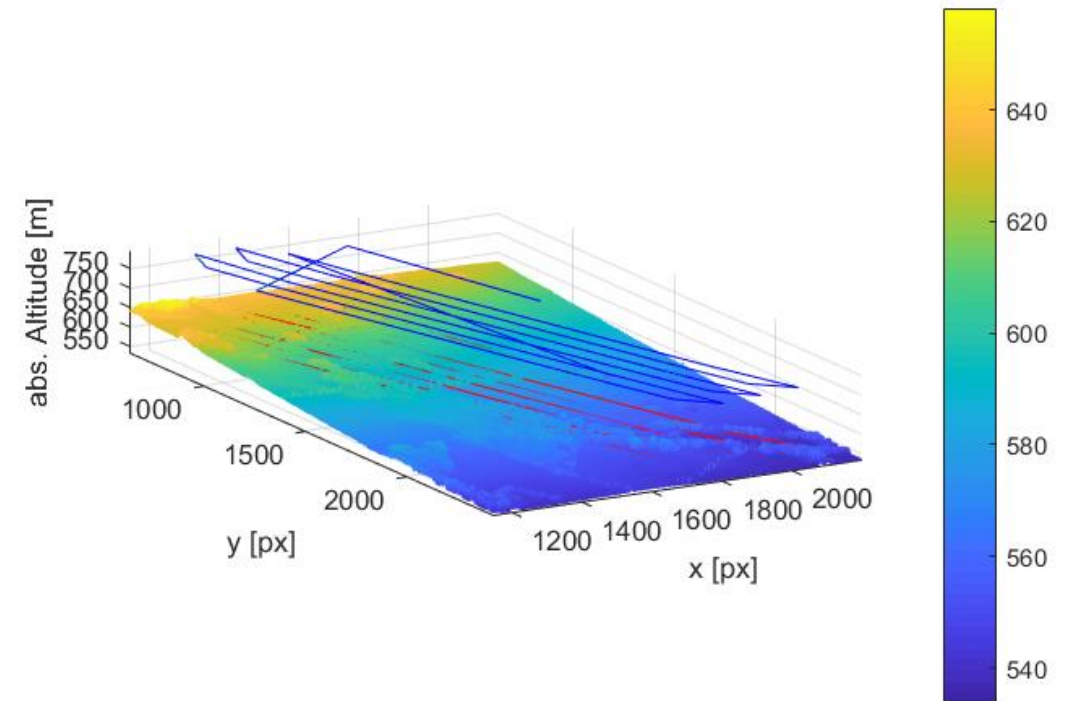


# RILIEVI IN PENDENZA

## Altitudine costante

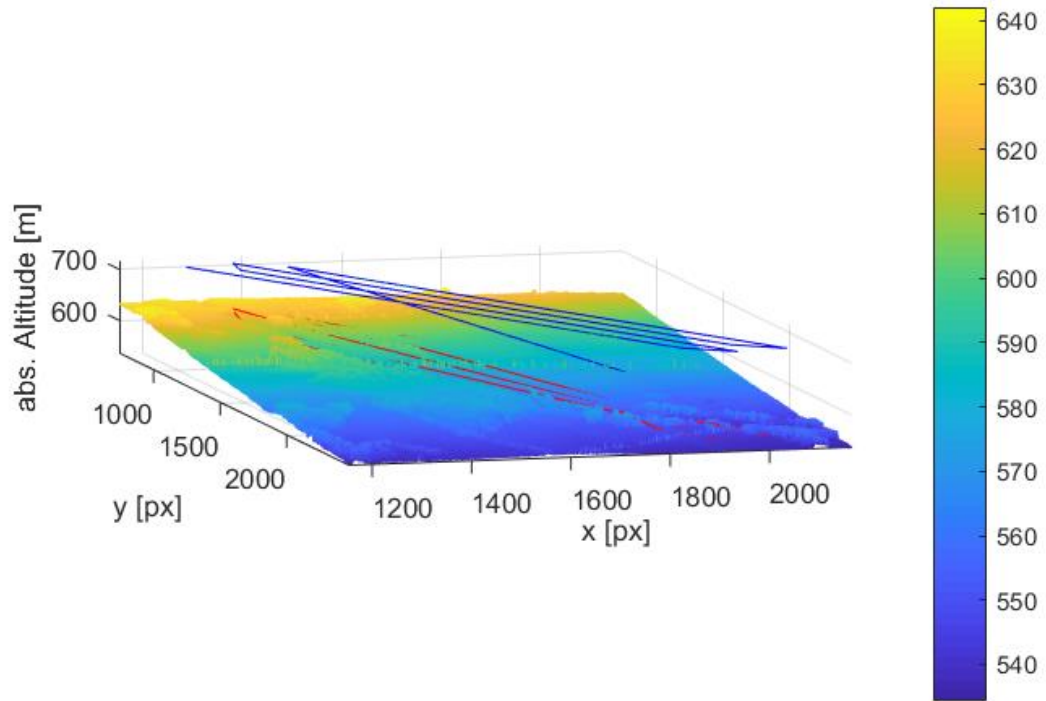


## Altezza costante

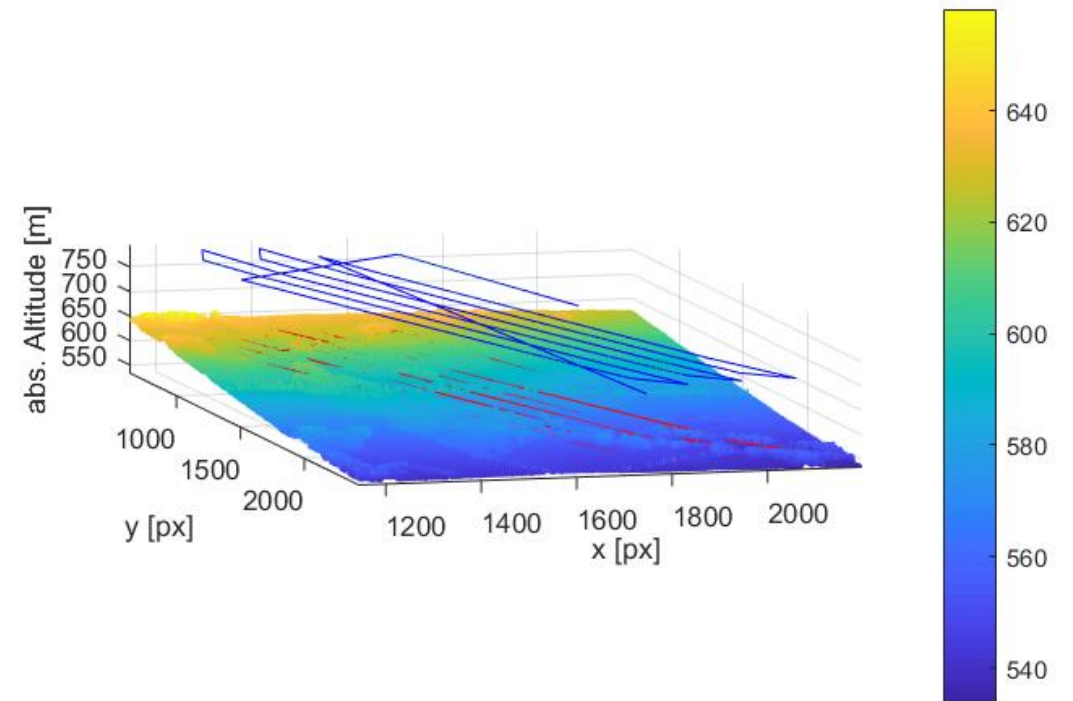


# RILIEVI IN PENDENZA

## Altitudine costante

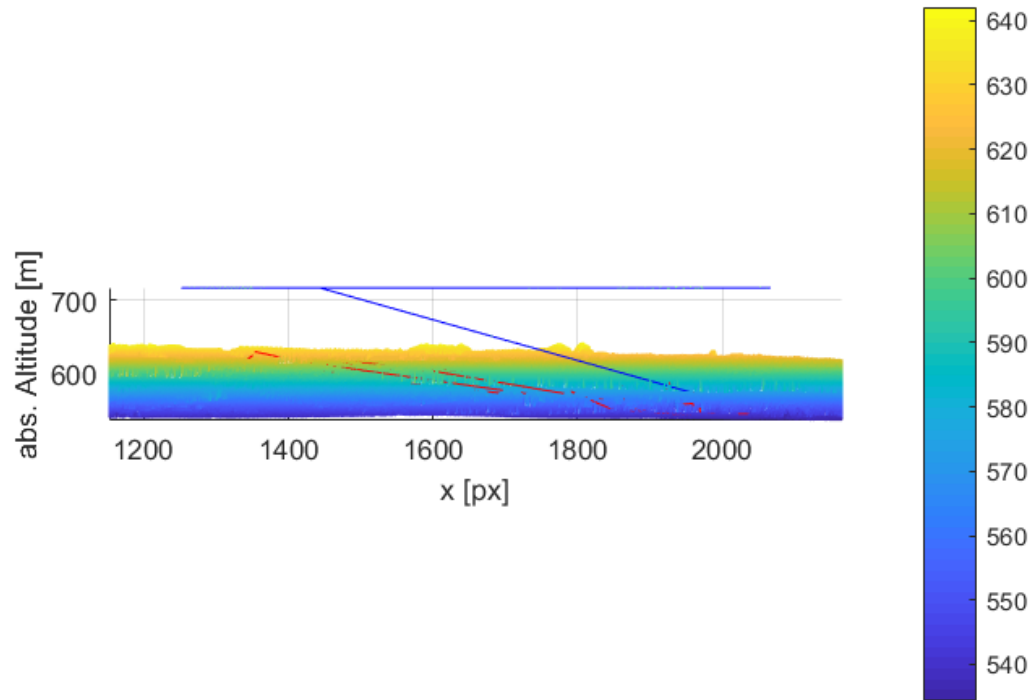


## Altezza costante

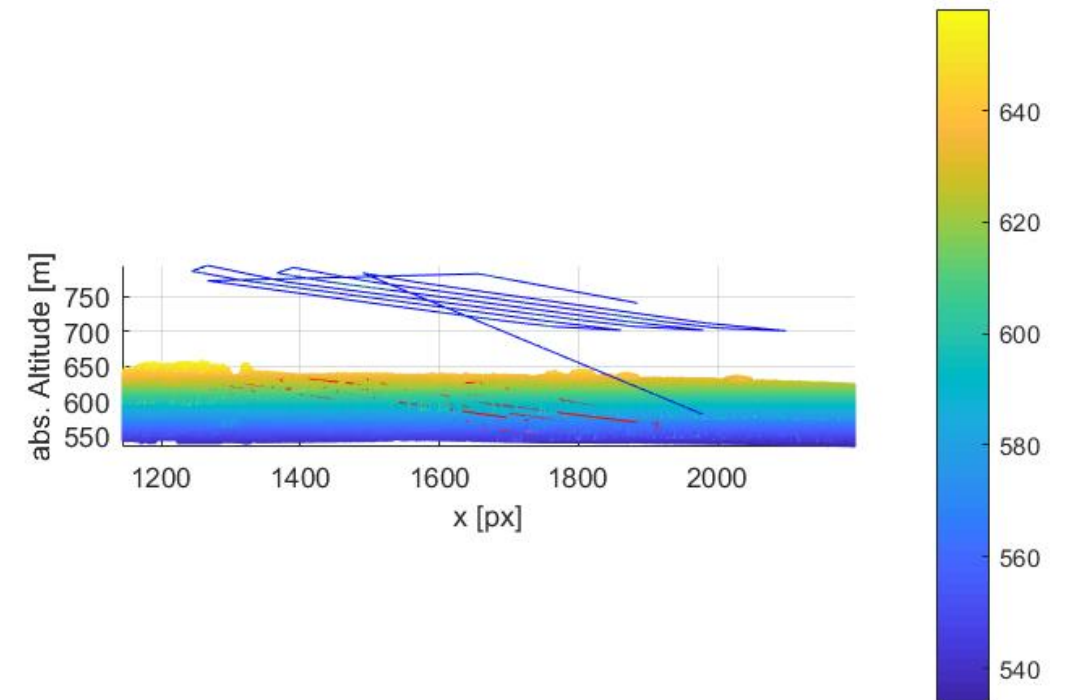


# RILIEVI IN PENDENZA

## Altitudine costante

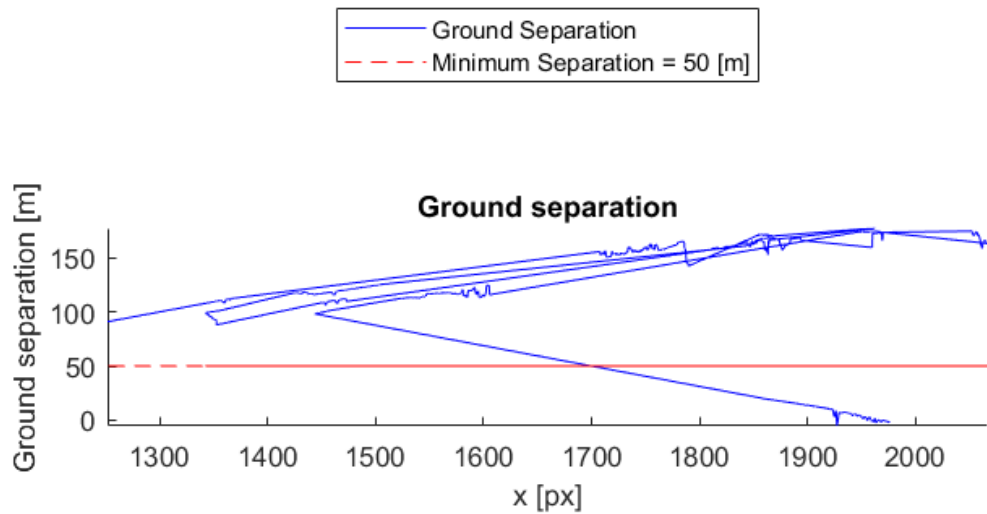


## Altezza costante

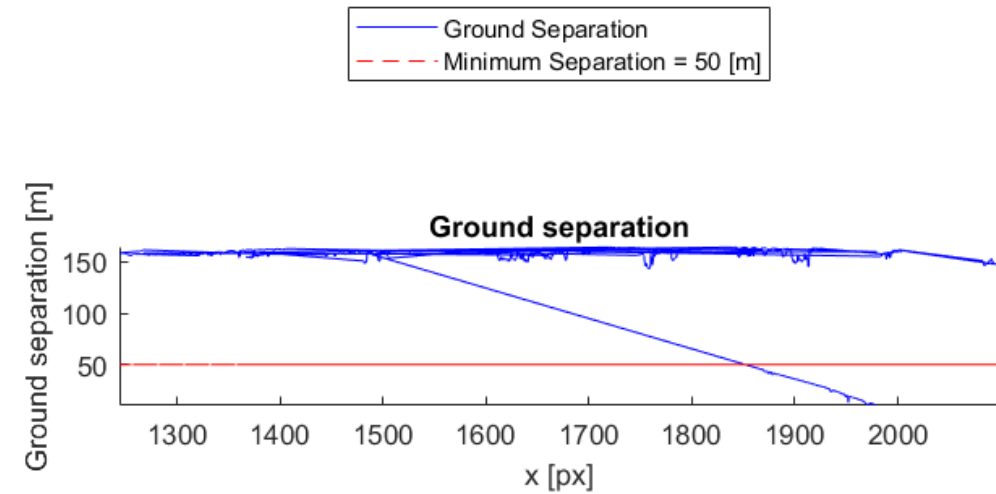


# RILIEVI IN PENDENZA

## Altitudine costante

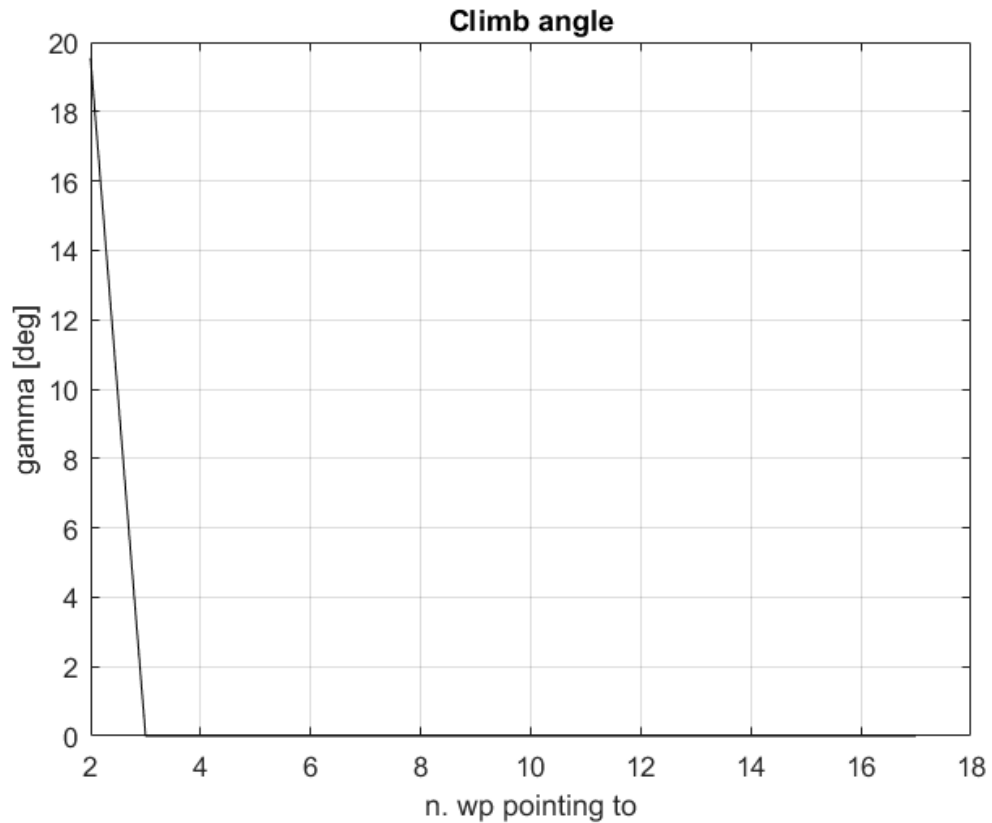


## Altezza costante

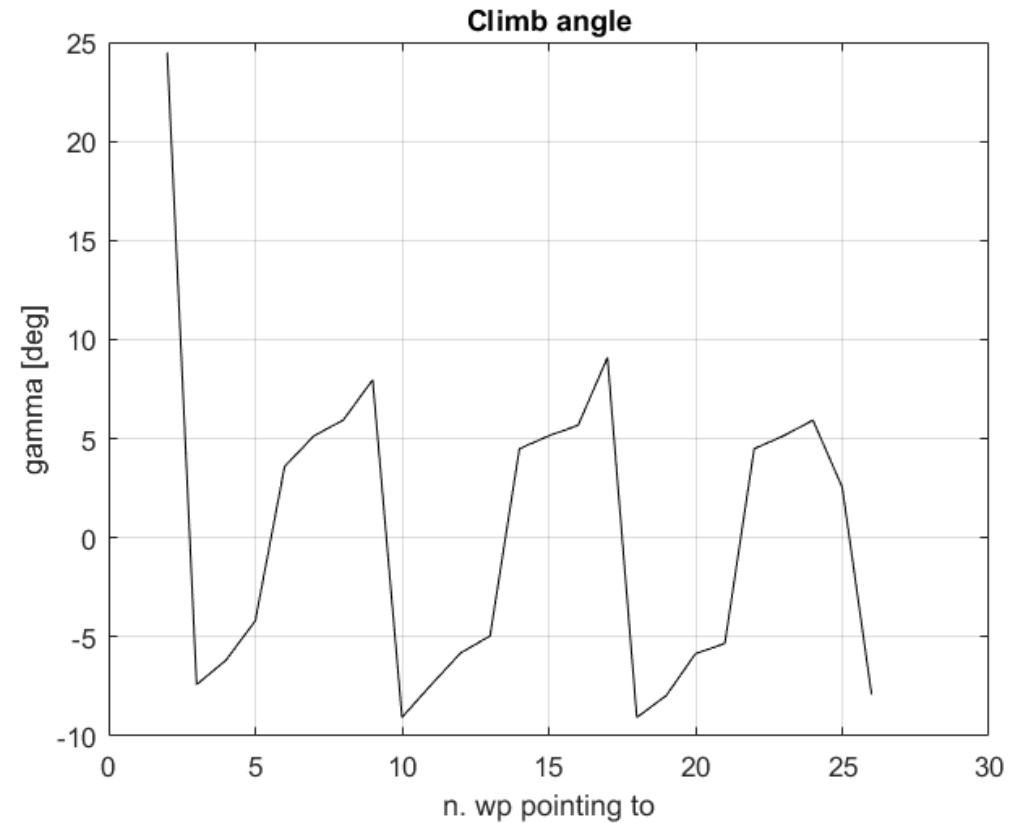


# RILIEVI IN PENDENZA

## Altitudine costante



## Altezza costante

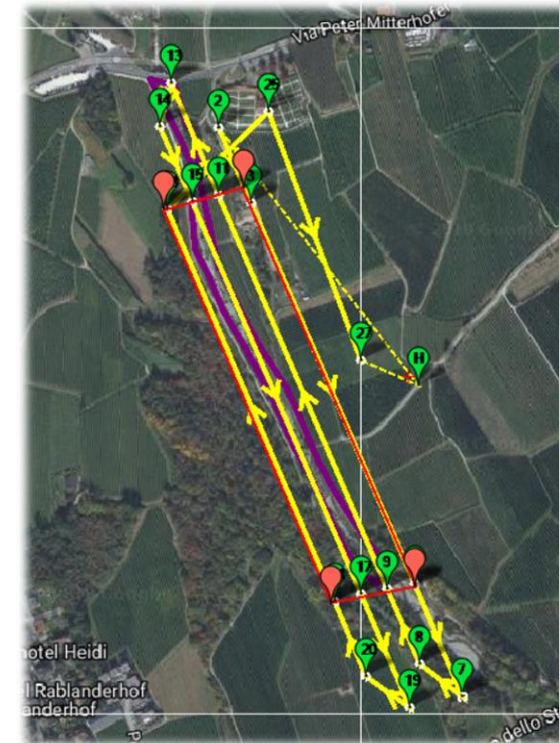


# RILIEVI IN PENDENZA



- APR: AGRI-1900
- Payload: Fotocamera RGB
- Quota di volo: 150 m
- GSD: 4.00 cm/pixel
- Area: 5.2 ha
- Tempo di volo: 8 min
- Velocità di rilievo: 12 m/s
- Immagini RGB: 110

## PIANO DI VOLO



Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

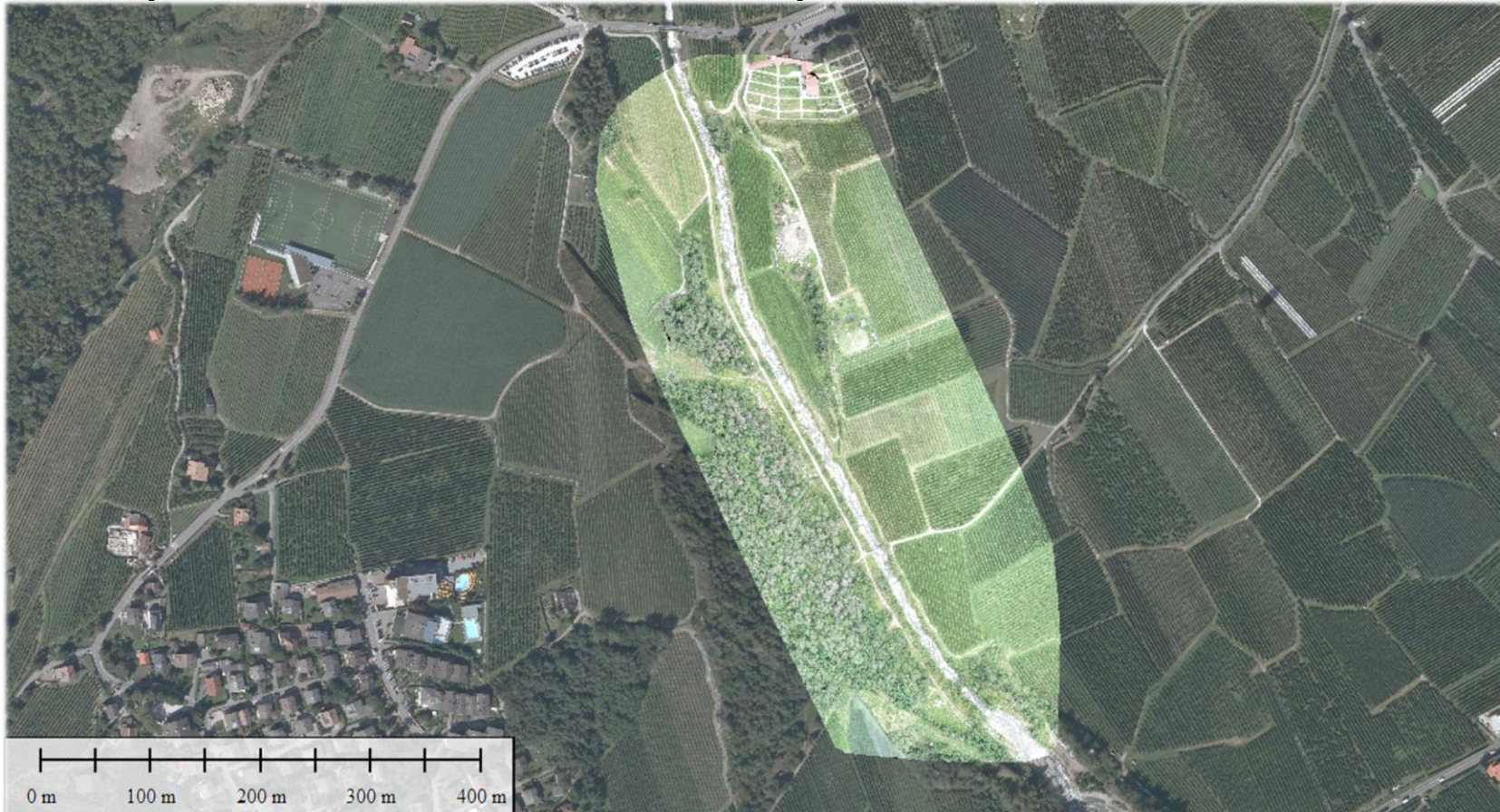
➤ Ortofoto 2011 PAB (Risoluzione 0.2 x 0.2 m)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

➤ Ortofoto SAPR (Risoluzione 0.04 x 0.04 m)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

➤ Ortofoto 2011 PAB (Risoluzione 0.2 x 0.2 m)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

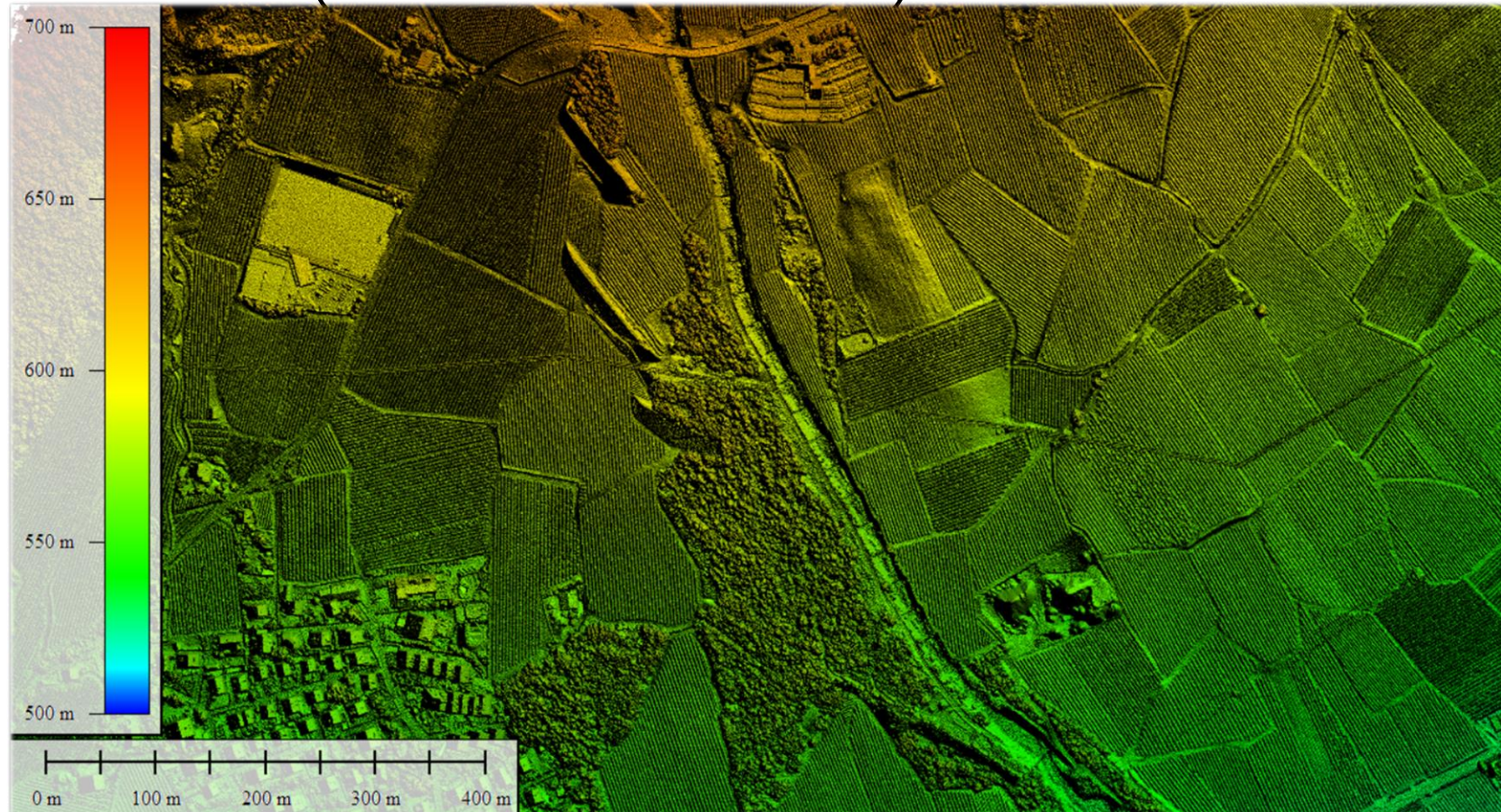
➤ Ortofoto SAPR (Risoluzione 0.04 x 0.04 m)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

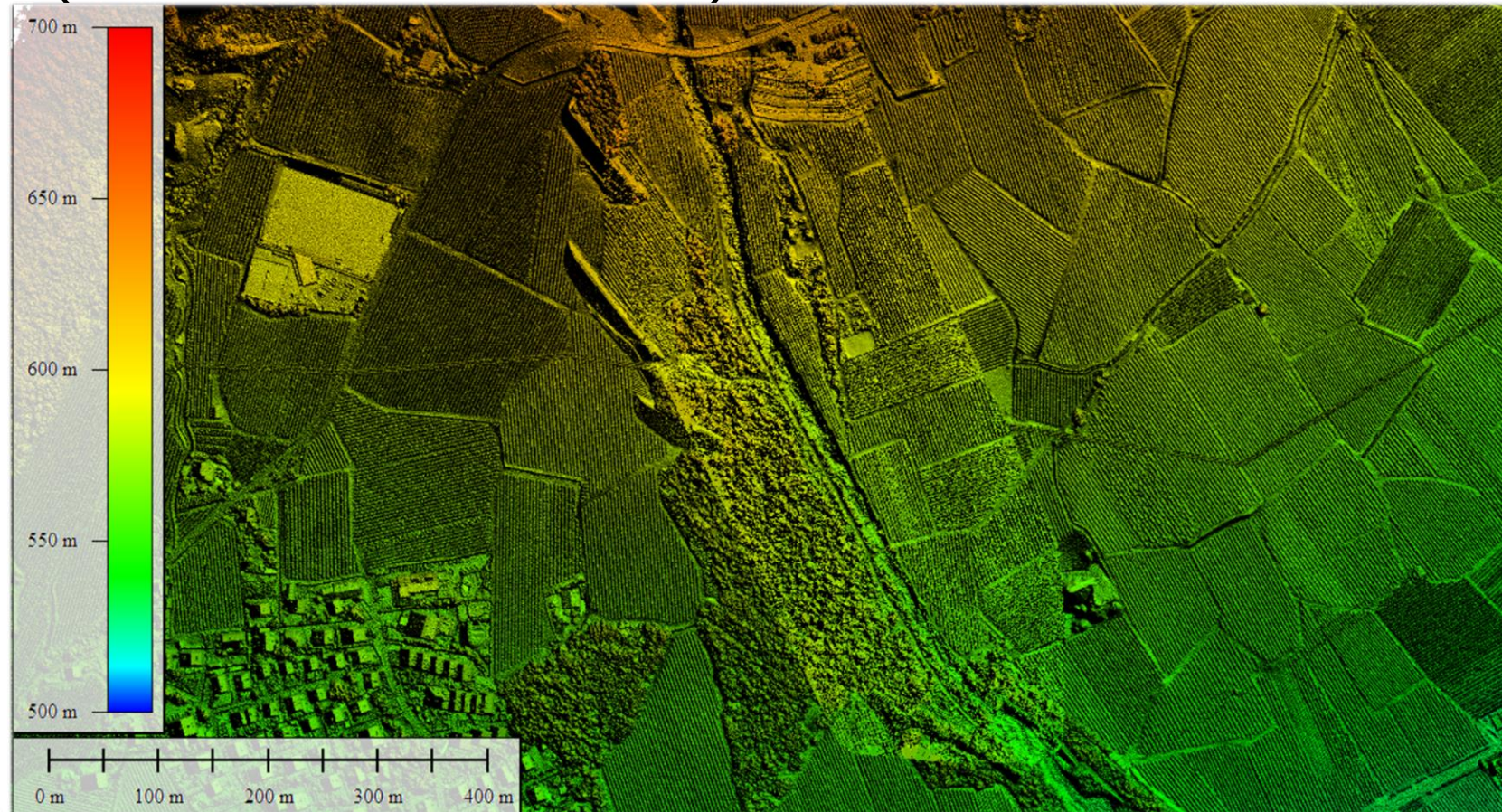
➤ DSM Solar Tirol 2013 (Risoluzione 0.5 x 0.2 5)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

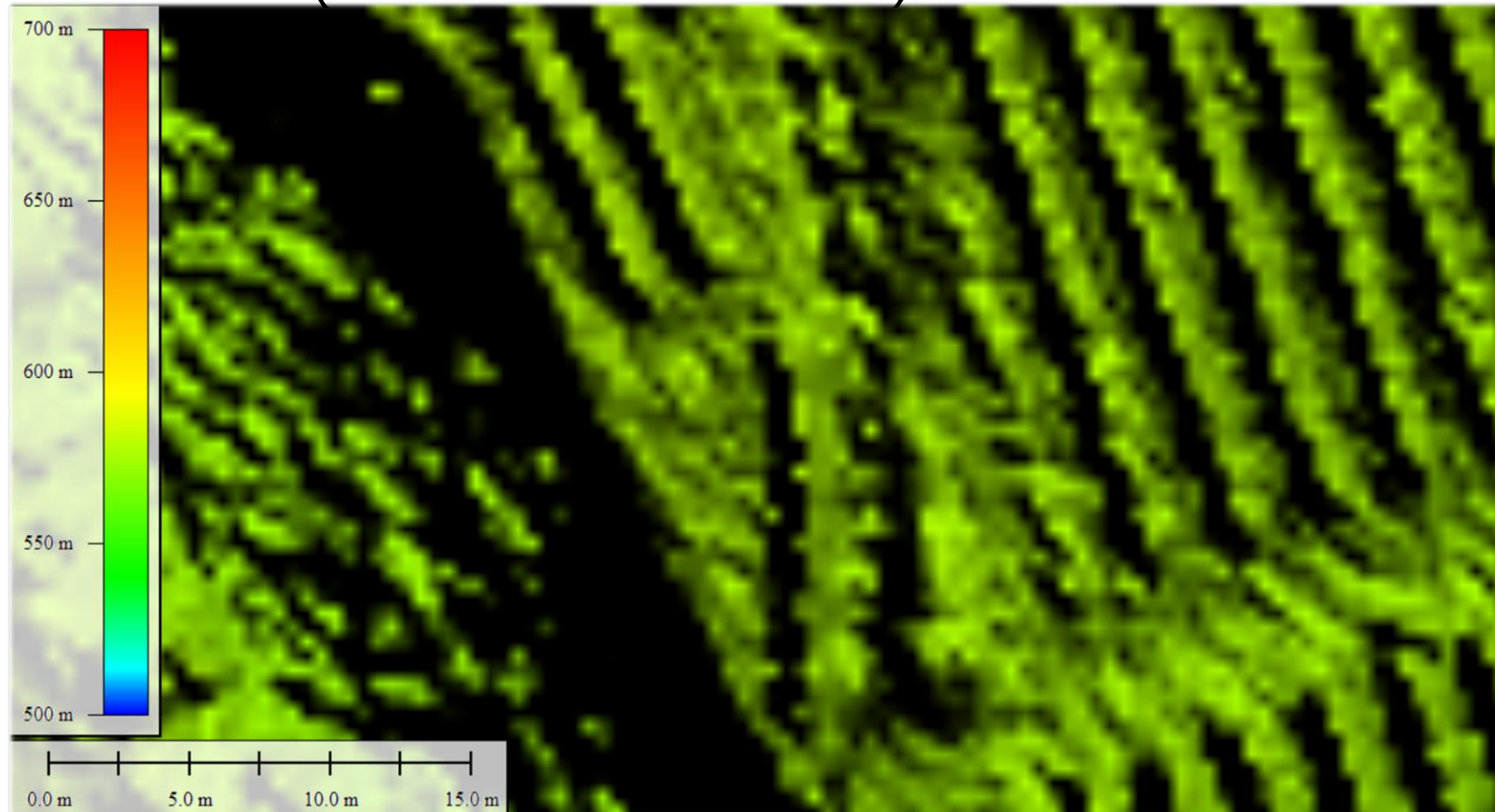
➤ DSM SAPR (Risoluzione 0.04 x 0.04 m)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

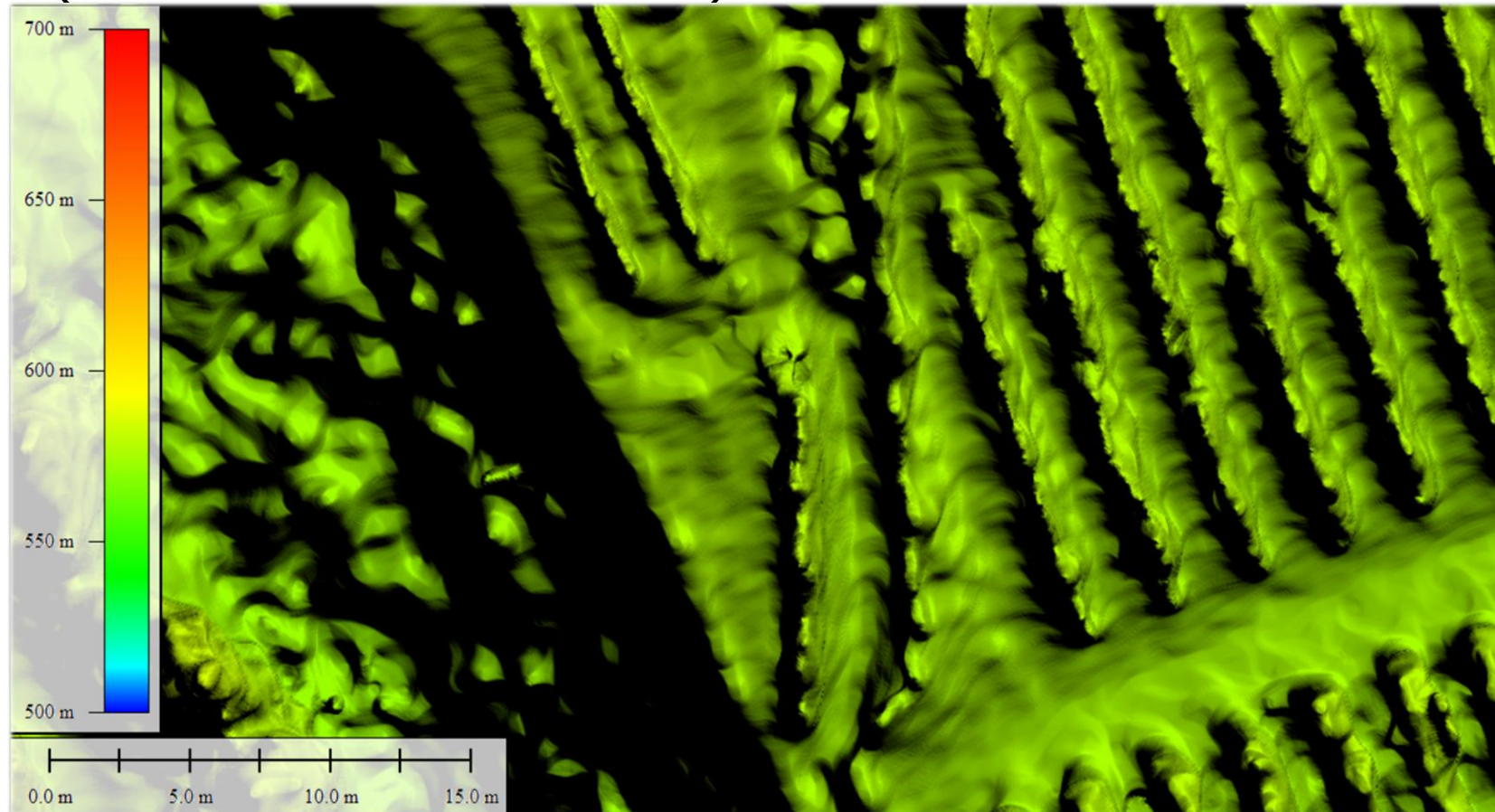
➤ DSM Solar Tirol 2013 (Risoluzione 0.5 x 0.2 5)



# RILIEVI IN PENDENZA

Sito: Rio di Tel – Parcines (BZ)

➤ DSM SAPR (Risoluzione 0.04 x 0.04 m)



# CONCLUSIONI

- Le campagne di test estive ed invernali hanno permesso di testare ampiamente le piattaforme sviluppate nell'ambito del progetto WEQUAL.
- Tutte le piattaforme hanno rispettato i requisiti di progettazione (integrazione con carico pagante, autonomia, trasportabilità).
- Sono state messe a punto le metodologie per la realizzazione dei rilievi tele-operati speditivi a supporto delle indagini eco-morfologiche, basate sull'utilizzo di differenti tipi di sensori e configurazioni di piattaforme di volo.
- I dati grezzi ottenuti dai rilievi tele-operati opportunamente rielaborati ed interpretati sono alla base delle metodologie di valutazione multidimensionali messe a punto in WEQUAL.



**Grazie per  
l'attenzione**